2

NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. AIMÉ GIRARD,

PROFESSEUR AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS,
PROFESSEUR HONORAIRE A L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE,
MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE D'AGRICULTURE.

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1893



TITRES ET FONCTIONS

DE

M. AIMÉ GIRARD.

1854 à 1858. — Directeur du laboratoire de Pelouze.

1858 à 1871. — Conservateur des Collections scientifiques à l'École Polytechnique.

1858 à 1869. — Professeur à l'École supérieure de Commerce.

1861 à 1871. — Répétiteur à l'École Polytechnique.

1871. — Professeur de Chimie industrielle au Conservatoire des Arts et Métiers (en remplacement de Payen).

1876. — Professeur de Technologie agricole à l'Institut agronomique (création du Cours).

Membre suppléant du Jury de l'Exposition de Londres (1862).

Membre du Jury de l'Exposition internationale de Porto en 1865.

Membre du Jury et Rapporteur de la Classe XIX (Céramique) à l'Exposition universelle de 1867.

Vice-Président de la Classe II à l'Exposition internationale d'Amsterdam (1869).

Membre du Jury et Rapporteur (Fabrication du papier) à l'Exposition universelle de Londres (1872).

Membre du Jury et Rapporteur du Groupe IV (Fabrication de la bière) à l'Exposition universelle de Vienne (1873).

Membre du Jury et Rapporteur de la Classe LXXVI (Agriculture) à l'Exposition universelle de Paris (1878).

Président du Jury de l'Exposition de Meunerie à Paris (1885).

Président des Comités et du Jury de la Classe L (Matériel des usines agricoles) à l'Exposition universelle de 1889.

1877. — Membre du Comité des Travaux historiques et scientifiques.

1877. — Membre du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

1882. — Membre de la Société nationale d'Agriculture.

1885. — Membre du Comité consultatif des Stations agronomiques.

1886. — Président de la deuxième Section de la Commission des valeurs en douane (Produits des fermes).

1890. — Secrétaire de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale (en remplacement de Péligot).

1893. — Membre du Conseil supérieur de l'Agriculture et de la Commission permanente de ce Conseil.

PRIX DÉCERNÉS.

1874. — Le prix Jecker est décerné à M. Aimé Girard par l'Académie des Sciences pour ses travaux de Chimie organique.

1893. — Le prix Barotte, fondé par la Société nationale d'Agriculture pour être décerné tous les huit ans à l'auteur de la découverte la plus importante et la plus profitable à l'Agriculture, décerné pour la première fois en 1885 à M. Pasteur, est, en 1893, attribué à M. Aimé Girard.

OUVRAGES PUBLIÉS.

1855. — *Les Arts chimiques à l'Exposition universelle* (1 vol. in-18).

1861-1864. — *Dictionnaire de Chimie industrielle*, en collaboration avec M. Barreswill et divers savants (4 vol. in-8).

1884. — *Composition chimique et valeur alimentaire du grain de froment* (1 vol. in-8).

1887. — *Recherches sur la betterave à sucre* (grand in-8, avec album d'héliogravures).

1889. — *Recherches sur la culture de la pomme de terre* (in-8, avec un album d'héliogravures).

1891. — *Id.*, 2e édition.

1893. — *Instructions pratiques pour l'amélioration de la culture de la pomme de terre* (in-18).

TABLE DES MATIÈRES.

RECHERCHES AGRICOLES ET LEURS APPLICATIONS.

RECHERCHES TECHNOLOGIQUES ET LEURS APPLICATIONS.

RECHERCHES DE CHIMIE PURE.

RECHERCHES SCIENTIFIQUES SUR DIVERSES QUESTIONS DE PHOTOGRAPHIE.

NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. AIMÉ GIRARD.

RECHERCHES AGRICOLES ET LEURS APPLICATIONS.

RECHERCHES SUR LES BLÉS, LES FARINES ET LE PAIN.

I. — Composition et valeur alimentaire des diverses parties du grain de froment.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. XCIX, p. 16, juillet 1884.
Annales de Chimie et de Physique, novembre 1884, 6e série, t. III.

La production des blés et surtout du froment met en présence deux intérêts opposés pour lesquels l'économie rurale doit chercher un terrain de conciliation.

En cette circonstance, en effet, on voit d'un côté l'agriculteur s'efforçant d'obtenir, à l'hectare, le plus haut rendement possible en grains et en paille, d'un autre le meunier n'attachant à ce rendement aucun prix et se préoccupant exclusivement des quantités de farine panifiable que ses appareils de mouture lui permettront de tirer des grains récoltés.

Ces deux aspects de la question ont été, jusqu'ici, l'objet d'une attention inégale. Transformée par les procédés que la Science moderne a mis à sa

disposition, la culture du blé est arrivée aujourd'hui à un haut degré de perfection sous le rapport du rendement en poids; mais, sous le rapport des qualités que la récolte doit posséder pour recevoir du meunier un bon accueil, elle ne savait, il y a quelques années, que bien peu de chose encore.

Jusqu'à 1884, toutes les études sur la composition du blé, sur son rendement à la mouture, avaient porté sur les grains entiers. L'histologie de la graine était bien connue, il est vrai, grâce aux importants travaux de M. Trécul (1857), mais jamais, jusqu'alors, on ne s'était préoccupé de séparer le grain en ses diverses parties pour ensuite établir la composition et fixer la valeur alimentaire de chacune des parties ainsi isolées.

C'était là, cependant, un travail indispensable; dans le grain, le meunier, avec raison, estime à des prix tout différents, d'un côté l'enveloppe qui lui donnera le son, d'un autre l'amande qui lui donnera la farine, tandis que le cultivateur n'accorde aux proportions relatives de l'une et de l'autre partie aucune attention.

L'étude des grains de froment pris dans leurs diverses parties constituantes pouvait seule permettre de concilier les intérêts, en apparence opposés, du cultivateur et du meunier, en leur indiquant comme but commun la production de récoltes abondantes en poids et recommandables en même temps par leur rendement en farine panifiable.

A cette étude d'ailleurs, et en dehors de l'intérêt scientifique qu'elle présente, les circonstances donnaient, il y a quelques années, un intérêt pratique et tout d'actualité.

Des événements commerciaux d'une gravité extrême étaient venus, à cette époque, troubler l'industrie de la meunerie et le commerce des farines. Sur le marché des grandes villes, et notamment sur le marché de Paris, on avait vu tout d'un coup, peu de temps après la guerre de 1870, se présenter en abondance des farines étrangères, des farines hongroises surtout, d'une qualité et d'une pureté inconnues jusque-là, farines qu'aussitôt la boulangerie de luxe avait adoptées de préférence aux farines françaises. En même temps, et par un effet contraire, les farines qui faisaient notre renommée à l'étranger cessaient d'y être recherchées dans la mesure d'autrefois. Et les choses venaient à ce point que, en moins de dix ans (1875 à 1884), nos exportations de farine tombaient de 2500000 quintaux à 750000, alors que, d'autre part, l'importation des farines étrangères s'élevait de 45000 à plus de 500000 quintaux.

C'est que, en effet, attachés à leurs vieux procédés de mouture, nos

meuniers avaient laissé, sans y prêter attention, se développer, en Autriche et en Allemagne, des procédés nouveaux, permettant d'obtenir avec plus de précision qu'autrefois la séparation des parties utiles et des parties inutiles que le grain apporte aux appareils de broyage.

Pour rendre à l'industrie française de la meunerie sa prospérité, pour assurer à notre agriculture les débouchés que l'importation étrangère lui enlevait, un seul moyen se présentait alors : ce moyen c'était la transformation complète de l'outillage de nos moulins.

A cette transformation cependant, les meuniers français se montraient rebelles; aux principes même sur lesquels repose la mouture par engins métalliques, ils n'accordaient aucune créance; les éclairer devenait une nécessité absolue.

C'est à leur fournir les lumières qui seules pouvaient les déterminer à entrer dans la voie du progrès que tendaient les recherches dont j'ai eu l'honneur de soumettre à l'Académie des Sciences les résultats développés, le 7 juillet 1884. Ces recherches avaient duré dix ans; je les avais entreprises en 1874, à mon retour d'Autriche, et dès 1878 j'en avais fait connaître les prémisses à mes auditeurs de l'Institut national agronomique; j'en indiquerai, rapidement, les grandes lignes.

C'était, il y a dix ans à peine, une question non résolue encore que celle de savoir s'il convient de faire concourir à l'alimentation humaine la masse entière du grain de froment, ou si de cette masse, au contraire, il convient d'éliminer certaines parties. L'importance de cette question est capitale, cependant, au point de vue de l'alimentation rationnelle.

Dans le grain des céréales en général, et dans le grain du froment en particulier, se rencontrent, en effet, trois parties principales : l'enveloppe, le germe et l'amande farineuse. Ces trois parties, l'étude histologique de ce grain les a, depuis longtemps, caractérisées; mais sur leur composition personnelle, sur leur valeur alimentaire, on ne savait rien, ou du moins on ne savait que bien peu de chose au moment où j'ai entrepris mes recherches.

Pour combler cette lacune, mon premier soin devait être de déterminer pour les variétés de froment les plus usitées les proportions relatives d'enveloppe, de germe et d'amande concourant à la constitution du grain.

L'isolement de ces trois parties était, en réalité, d'une difficulté singulière. J'ai pu le réaliser cependant, à l'aide de tours de main dont la description exigerait de trop longs développements et qui, appliqués à des blés

très différents, m'ont permis d'établir que le grain de froment est, en moyenne, composé de :

Enveloppe........................	14,36
Germe...........................	1,43
Amande farineuse..................	84,21
	100,00

C'est à l'étude de l'enveloppe que je me suis attaché surtout; le poids proportionnel en est, en effet, considérable, et c'est chose certaine que, si cette enveloppe possédait des qualités nutritives sérieuses, son introduction dans le compost alimentaire devrait être considérée comme un bienfait; malheureusement, c'est à une conclusion toute contraire que mes recherches m'ont conduit.

L'analyse élémentaire, il est vrai, a fait reconnaître à cette enveloppe une grande richesse en matières azotées; en moyenne, cette richesse s'élève à 18,75 pour 100, c'est-à-dire à un chiffre supérieur à celui de la richesse moyenne des meilleures farines; celle-ci généralement ne dépasse pas 12,50 pour 100.

C'est là un fait inattendu et qu'on était loin de supposer.

Dans cette enveloppe, M. Trécul nous a appris à distinguer six membranes superposées : les trois membranes du péricarpe d'abord, puis le testa, l'endoplèvre et la membrane interne du tégument séminal.

Ces membranes, je suis parvenu à les isoler les unes des autres pour ensuite rechercher dans chacune d'elles individuellement le gisement de ces 18,75 pour 100 de matières azotées. C'est dans l'endoplèvre et surtout dans la membrane interne du tégument séminal que je l'ai trouvé.

De telle sorte que si, au point de vue de la valeur alimentaire de l'enveloppe il n'y a aucun compte à tenir du péricarpe et du testa, il convient, au contraire, d'accorder à l'endoplèvre et à la membrane interne du tégument séminal l'attention la plus grande. Introduits, en effet, dans le compost alimentaire, ces deux téguments lui apporteraient une quantité de matières azotées qui s'élèverait à 2 pour 100 du poids du grain, qui serait égale par conséquent au sixième de la quantité de matières azotées que contiennent les farines les meilleures.

La composition de l'enveloppe étant ainsi établie, la localisation de la matière azotée reconnue, la question se posait de savoir si cette matière azotée est, comme le gluten, assimilable par l'homme ou si, au contraire,

elle se présente, comme la corne, en un état tel que nos organes ne la puissent digérer.

Pour établir ce fait capital, laissant de côté quelques essais insuffisants tentés autrefois par Poggiale, plus récemment par M. Rathay, professeur à l'Université de Klosterneuburg, j'ai pensé qu'il était nécessaire de recourir à une expérience directe et quantitative de digestion, par l'homme, de l'enveloppe du grain de froment. En pleine santé, m'astreignant à l'usage d'aliments liquides ou en poudre fine, mais substantiels, après avoir pris, ainsi que je l'indique dans mon Mémoire, toutes les précautions pour éloigner les causes d'erreur, j'ai ingéré un poids de $5^{gr},693$ d'enveloppes entières, préalablement lavées, séchées et formant un volume de 75^{cc} environ. Pendant cinq jours, à la suite de cette ingestion, les matières excrétées ont été soigneusement tamisées, et j'ai recueilli un poids d'enveloppes entières et inaltérées égal à $5^{gr},191$. Soumises à l'analyse, ces enveloppes contenaient encore la presque totalité de l'azote que l'analyse y avait fait reconnaître avant l'expérience; par contre, la plus grande partie des matières minérales qui y étaient contenues étaient entrées en dissolution.

De telle sorte que, de la combinaison de ce résultat et des différents nombres fournis par mes recherches, il est résulté que, au point de vue de sa digestibilité, l'enveloppe du grain de froment peut être considérée comme formée de :

Eau	11,55
Matières solubles dans l'eau (contenant 2,25 de matières azotées)	13,90
Matières digestibles ou perdues, contenant 0,75 de matière azotée » » 3,46 de matière minérale	6,77
Matières résistant à l'eau et aux agents de la digestion	67,78
	100,00

Ce qui revient à dire, en somme, que l'enveloppe du grain de froment, en traversant l'appareil digestif de l'homme, ne saurait lui apporter, comme produits utiles, qu'une quantité de matières azotées et de matières minérales représentant chacune 4 à 5 millièmes du poids du grain.

C'est là, en vérité, un gain bien modeste; ce gain même, on ne saurait l'obtenir gratuitement; parmi les substances, en effet, que l'enveloppe abandonne à l'eau figure ce ferment que Mège-Mouriès a découvert en 1854, qu'il a désigné sous le nom de *céréaline*, et qui, agissant à la fois sur l'amidon et le gluten, rend la pâte du pain grasse, lourde et bise.

Ce gain modeste, l'homme le payerait donc trop cher, et c'est, par suite,

à repousser de notre compost alimentaire l'enveloppe du grain de froment qu'il convient de conclure.

C'est à une conclusion identique que m'a conduit l'étude du germe. Sans doute dans ce germe, dont l'étude n'avait jamais été faite jusqu'alors, j'ai pu reconnaître la présence de plus de 40 pour 100 de matière azotée, de 12,50 de matière grasse, de près de 5 pour 100 de matières minérales; mais, d'un côté, parmi les matières azotées solubles que le germe contient, j'ai retrouvé en grande quantité la céréaline qui fait le pain bis; d'un autre, à l'huile enfermée dans les cellules du germe, j'ai reconnu la propriété de rancir avec une grande rapidité, aussitôt que ces cellules ont été déchirées par les engins employés à la mouture. A chaque avantage que le germe apporte, on voit donc correspondre un inconvénient grave.

Des longues recherches que je venais de poursuivre, ce devenait, alors, chose aisée que de tirer des conclusions pratiques.

Des trois parties qui forment la masse du grain de blé, deux, l'enveloppe et le germe, ne sont pas digestibles par l'homme; leur présence, en outre, diminue la qualité du pain. C'est donc d'amande seule que ce pain doit être fait, et c'est à éliminer la totalité de l'enveloppe et du germe que doivent tendre les procédés de la mouture moderne.

La netteté et la simplicité de ces conclusions ont fait sur l'esprit des meuniers français une impression profonde. A l'incrédulité qu'ils avaient jusqu'alors manifestée vis-à-vis des procédés nouveaux, a succédé, à partir de ce moment, une large confiance. Un grand mouvement d'opinion s'est produit et la transformation des moulins de notre pays a commencé; aujourd'hui, et dix années ont suffi à amener ce résultat, tous les grands moulins de France ont abandonné la meule pour lui substituer les engins métalliques; parmi les moulins d'importance moyenne, il n'en est que bien peu qui n'aient suivi cet exemple, et chaque jour on voit quelques-uns des petits moulins agricoles qu'on compte par milliers sur notre territoire entrer à leur tour dans la voie du progrès et remplacer la meule de pierre par le cylindre d'acier trempé.

Ce n'est pas tout; éclairés par les recherches que je viens de résumer, cultivateurs et meuniers sont, actuellement, bien près de s'entendre au sujet des variétés de froment qu'il convient de semer pour concilier les intérêts opposés qui les préoccupent.

II. — Sur la nature et la qualité des farines de froment fournies par des moutures comparatives entre meules et engins métalliques.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. XCIX, p. 380, 25 août 1884. — Rapport présenté à M. le Ministre de l'Agriculture par la Chambre syndicale des grains et farines.

Les recherches que je viens de résumer ne devaient pas tarder à recevoir une consécration pratique singulièrement importante.

Ainsi que je l'ai rappelé précédemment, les conditions du marché des farines s'étaient, de 1875 à 1884, profondément modifiées en France; nos exportations avaient diminué des deux tiers, tandis que l'importation des farines étrangères avait décuplé.

Préoccupée de cette situation, désireuse de savoir si, comme le proclamaient nombre de personnes, il la fallait attribuer à l'infériorité de l'outillage français, la Chambre syndicale des grains et farines de Paris institua, en 1883, un concours auquel elle convia les constructeurs d'appareils et les inventeurs de procédés nouveaux.

Huit concurrents, les uns marchant aux cylindres, les autres employant des meules métalliques, des broyeurs, des granulateurs, des meules en pierre modifiées, répondirent à cet appel; à chacun d'eux la Chambre syndicale remit une même quantité de blés identiques qui, dans le moulin de chacun d'eux également, fut moulue et travaillée sous la surveillance d'une Commission dont je faisais partie.

A la demande de la Chambre syndicale enfin, M. le Ministre de l'Agriculture me fit l'honneur de me charger du soin d'examiner et d'analyser les nombreux échantillons prélevés dans chaque moulin et à la suite des opérations principales de chaque mouture.

Sur un millier d'échantillons ainsi recueillis, cent cinquante environ ont été reconnus comme particulièrement intéressants pour la solution du problème posé, et ces cent cinquante échantillons ont été, dans mon laboratoire, aussitôt que possible après la fin de la mouture, soumis à l'analyse chimique et à l'examen microscopique.

J'ai, dans ces conditions, établi un certain nombre de faits importants.

C'est ainsi que, aux farines provenant de la mouture d'une même variété de froment par des engins très différents, j'ai trouvé une composition chimique identique dans l'ensemble.

Une seule différence est alors apparue entre elles : appliquant à ces

farines des procédés nouveaux d'analyse, j'ai pu démontrer qu'on y voyait varier dans une mesure importante les débris de l'enveloppe et du germe.

Dans les farines provenant de l'écrasement du blé entre cylindres métalliques, c'est à peine si j'ai trouvé quelques-uns de ces débris; dans les farines produites entre meules métalliques, j'en ai trouvé une quantité notable; dans les farines provenant de meules en pierre et de quelques autres engins encore, je les ai rencontrés en abondance.

Et comme, des recherches que j'ai faites sur la composition et l'influence des diverses parties du grain de blé, il résulte, d'une part, que l'enveloppe n'est pas alimentaire, d'une autre, que les débris de l'enveloppe et du germe jouent, au cours de la panification, un rôle fâcheux, j'ai pu, d'avance, indiquer quelles seraient, parmi les farines examinées, celles qui fourniraient les pains les plus beaux, celles qui, au contraire, ne fourniraient que des pains inférieurs.

Ces indications se sont vérifiées. Des essais de panification exécutés sous la direction d'une Commission spéciale ont permis de classer, sans hésitation, d'après la qualité des pains obtenus, les diverses farines concurrentes, et l'ordre suivant lequel ces farines ont été ainsi classées s'est trouvé absolument identique à l'ordre dans lequel je les avais classées d'après leur plus ou moins grande teneur en débris d'enveloppe et de germe.

Les résultats pratiques fournis par cette étude, en corroborant ceux qu'avait déjà fournis l'examen scientifique que je venais de faire de la question, ont bientôt achevé de convaincre nos meuniers de la nécessité de modifier à l'absolu les procédés séculaires dont ils faisaient usage.

Si bien que, grâce à ces recherches, grâce à l'énergie avec laquelle nos industriels sont entrés dans la voie que mes travaux leur indiquaient, on a vu, en quelques années, la qualité du pain s'améliorer, la meunerie française remonter peu à peu le courant de décadence qui l'entraînait, notre agriculture enfin retrouver un débouché qu'elle commençait à perdre.

III. — Recherches sur la levée du pain de froment.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. CI, p. 601.

L'art de fabriquer le pain de bonne qualité est placé sous la dépendance absolue d'un phénomène remarquable : le phénomène de la levée.

Si le pain est compact et mal levé, la digestion en est difficile et la con-

sommation, par suite, dispendieuse; si le pain est léger, au contraire, bien levé, si, suivant l'expression populaire, *il trempe bien la soupe*, la digestion en devient facile et la consommation économique : aussi est-ce une étude particulièrement intéressante que celle de la réaction à laquelle on a donné le nom de *fermentation panaire* et dont le résultat, précisément, consiste dans la levée du pain. Sur la nature de cette réaction, les opinions diffèrent, et, tandis que beaucoup estiment, avec Malouin, qu'elle consiste dans une fermentation alcoolique, d'autres pensent que rien ne justifie cette manière de voir et qu'il convient de l'abandonner.

Pour satisfaire aux exigences de recherches que je poursuis depuis plusieurs années, j'ai été conduit à examiner de près cette réaction, et j'ai reconnu que l'opinion qui fait reposer le phénomène de la levée du pain sur une fermentation alcoolique est la seule exacte.

Pour le démontrer, me plaçant exclusivement au point de vue chimique, je me suis attaché à doser, avant cuisson et dans la pâte simplement levée, les deux produits principaux de la fermentation alcoolique : l'acide carbonique et l'alcool.

Sans insister sur les procédés analytiques que j'ai dû imaginer pour effectuer ces dosages, je me contenterai d'indiquer que j'ai pu, à leur aide, démontrer que les gaz qui soulèvent la pâte sont constitués par un mélange de 86 à 95 pour 100 d'acide carbonique et de 5 à 15 pour 100 d'oxygène et d'azote, d'indiquer également que de chaque kilogramme de pâte levée, j'ai pu retirer par la distillation directe 3^{cmc} à $3^{cmc},25$ d'alcool à 100°.

Au cours de la levée de la pâte à pain, on voit ainsi se développer dans l'ouvrage une quantité de gaz acide carbonique dont le poids s'élève à $2^{gr},73$ par kilogramme de pain, une quantité d'alcool dont le poids par kilogramme également s'élève à $2^{gr},50$ environ.

Il suffit alors de comparer ces deux chiffres pour reconnaître qu'ils se présentent, aussi exactement qu'on peut le souhaiter, dans la proportion qu'exige l'équation de la fermentation alcoolique, et, par suite, il convient d'admettre que, considéré indépendamment des transformations accessoires que la pâte peut subir, le phénomène essentiel de la panification, celui par lequel la pâte compacte est transformée en une pâte poreuse, accessible aux sucs digestifs, est le résultat d'une fermentation alcoolique.

L'exactitude de cette manière de voir a été récemment confirmée par les recherches bactériologiques de M. Boutroux, recherches qui ont eu pour résultat principal d'établir que le ferment figuré intervenant normalement à la levée du pain est un ferment d'alcool.

IV. — Recherches sur la température de la cuisson du pain.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. CXVII, p. 584.

La détermination de la température à laquelle se trouve portée la masse panaire pendant sa cuisson est importante à considérer, d'un côté au point de vue de la nature des eaux qu'il est permis d'employer au pétrissage, d'un autre au point de vue de l'apparition postérieure de parasites (cryptogames ou insectes) dans le pain et le biscuit.

Pour fixer cette température, abandonnant le procédé imparfait que Boussingault avait conseillé, j'ai logé dans la pâte, au moment du tournage, des thermomètres à maxima qui, avec cette pâte achevée, ont été portés au four et là soumis à la chaleur d'une cuisson normale.

J'ai ainsi reconnu que toujours, lorsque cette cuisson est satisfaisante, le thermomètre accuse une température supérieure à 100°. C'est à 101°, en général, que se fixe alors l'index du thermomètre, exceptionnellement à 102°; une fois même je l'ai vu atteindre 103°.

On peut donc admettre que c'est à 101° que l'intérieur de la masse panaire se trouve porté dans le four, lorsque la cuisson en est satisfaisante.

RECHERCHES SUR LA BETTERAVE A SUCRE.

V. — Utilité de ces recherches au point de vue économique. — Production de sucre par les feuilles de la betterave. — Mesure de la surface des radicelles. — Développement progressif et composition des diverses parties de la plante. — Conséquences culturales des faits observés. — Apparition en France des nematodes de la betterave; moyen d'en arrêter les ravages. — Destruction à l'aide des composés cuivriques du *Peronospora Schachtii* de la betterave.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. XCVII, p. 1305, 3 décembre 1883; t. XCIX, p. 808, 10 novembre 1884. — Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. CII, p. 1257, 1324, 1489, 1565, et t. CIII, p. 72 et 159. — Annales de l'Institut agronomique, t. X, p. 153, avec Atlas. — Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. CIV, p. 522 et 585. — Bulletin de la Société nationale d'Agriculture, t. XLVII, p. 417. — Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. CXII, p. 1523.

La culture betteravière et à sa suite la fabrication du sucre de betteraves ont traversé en France, de 1875 à 1885, une crise d'une gravité extrême.

Au cours de cette période décennale, on a vu notre industrie sucrière,

qui, depuis le commencement de ce siècle, s'était toujours tenue au premier rang, distancée par l'industrie allemande, et même par l'industrie autrichienne.

L'Allemagne, qui, en 1874, produisait à peine 300 000 tonnes de sucre, avait élevé, en 1884, son chiffre de production à 1 115 000 tonnes; l'Autriche dans le même temps avait élevé le sien de 222 000 à 557 000 tonnes; tandis que la fabrication française, qui, en 1874, mettait sur le marché une masse, considérable pour l'époque, de 450 000 tonnes, restait stationnaire à ce point, et même, en 1884, abaissait son chiffre de production à 406 000 tonnes. Du premier rang, elle était passée au troisième.

Ce n'est pas à un coup de fortune qu'était dû un changement de situation aussi regrettable; depuis longtemps déjà, et depuis 1870 surtout, la culture de la betterave et la fabrication du sucre avaient été, de l'autre côté du Rhin, l'objet d'études incessantes et habiles; le procédé d'extraction du sucre, qui repose sur la diffusion du jus, avait remplacé le vieux procédé par râpage et par pression, et la betterave elle-même, par suite des améliorations dont sa culture avait été l'objet, était devenue assez riche pour que le rendement moyen en sucre s'élevât de 5,45 pour 100 en 1879, à 9,11 pour 100 en 1885; il est de 12 pour 100 aujourd'hui.

Alors qu'une révolution aussi considérable s'accomplissait près d'eux, nos cultivateurs et nos fabricants, confiants dans leur ancienne supériorité, se contentaient des betteraves d'autrefois à 10 pour 100 de sucre et des vieux procédés qui, péniblement, permettaient d'en extraire 5 à 6 pour 100.

La situation était d'une gravité extrême et beaucoup la considéraient comme telle, que la culture de la betterave, si précieuse pour nos assolements, semblait destinée à disparaître de France.

Cette opinion, heureusement, était loin d'être générale, et quelques-uns aussi pensaient que procédés culturaux et procédés industriels pouvaient, au prix de quelques efforts, recevoir les mêmes améliorations et fournir les mêmes résultats en France qu'en Allemagne.

J'ai été l'un des défenseurs de cette opinion, et par mon enseignement, par mes travaux personnels, je me suis efforcé d'apporter un concours utile à l'œuvre de régénération, qui aujourd'hui, heureusement, est un fait accompli.

Faire partager aux fabricants de sucre l'idée du progrès était chose relativement aisée; la conviction s'est faite rapidement dans leur esprit, et dans mon enseignement au Conservatoire des Arts et Métiers je me suis attaché,

dès 1873, à déterminer, plus tard à consolider cette conviction. Aujourd'hui, toutes les usines françaises ont mis à la ferraille leur vieux matériel, toutes sont montées par la diffusion.

Mais c'était chose autrement difficile que de faire pénétrer dans l'esprit de nos agriculteurs une conviction analogue, au sujet de la nécessité d'améliorer les procédés jusqu'alors appliqués à la culture de la betterave.

Les Allemands, disait-on, obtiennent, il est vrai, des betteraves à 14 et 15 pour 100 de sucre, mais la terre française ne se prête pas à la production de semblables racines.

Quelques agriculteurs habiles avaient déjà expérimentalement démontré le contraire; mais c'est à des pratiques incompatibles avec les conditions normales de la culture qu'on attribuait leur succès.

Pour détruire ce préjugé, il était nécessaire de faire davantage et d'apporter à nos agriculteurs une de ces démonstrations scientifiques auxquelles la finesse de leur esprit leur fait souvent accorder plus de valeur qu'à de simples essais pratiques.

C'est dans l'espoir de leur fournir cette démonstration que j'ai, pendant cinq ans, poursuivi l'étude dont j'ai eu l'honneur de présenter les résultats en 1887 à l'Académie des Sciences sous le titre de *Recherches sur le développement de la betterave à sucre*, recherches dont le but essentiel était la découverte des procédés physiologiques suivant lesquels le sucre se forme et se répartit dans la plante, comme aussi la mise en lumière des conditions dans lesquelles cette production et cette répartition, atteignant leur maximum, conduisent aux rendements élevés et aux grandes richesses.

Aucun travail d'ensemble n'avait été, jusqu'alors, entrepris sur cette question. Certes, des recherches nombreuses avaient été faites en Allemagne et en France dans le but d'améliorer la culture de la betterave à sucre, mais, à de rares exceptions près, c'est au point de vue exclusif de la pratique culturale que ces recherches avaient été conduites.

C'est à un autre point de vue, au point de vue de l'analyse scientifique, que j'ai cru devoir me placer, ainsi que le montrera l'exposé rapide des résultats principaux de mes recherches.

VI. — Production du sucre par les feuilles de la betterave.

La betterave peut être considérée comme le type des plantes à souche sucrée. En quatre mois de végétation, elle fabrique et emmagasine une

quantité de sucre qui, pour les bonnes variétés et dans des conditions de culture satisfaisantes, s'élève souvent jusqu'à 150^{gr} par sujet; ce sucre d'ailleurs est tout entier à l'état de saccharose.

Cependant, et malgré l'importance de cette formation saccharine, le mécanisme d'où résultent la production et l'emmagasinage du saccharose était resté jusqu'à ces derniers temps inconnu.

Sans doute, et depuis longtemps, les physiologistes admettent que, suivant l'heureuse expression de Boussingault (1865), la feuille est la première étape des principes sucrés qu'on trouve répartis dans les diverses parties de l'organisme végétal.

Mais c'est à la formation des matières sucrées en général que cette manière de voir a été appliquée jusqu'ici et non au phénomène spécial de la saccharogénie, c'est-à-dire de la formation du saccharose ou sucre cristallisable.

Ce phénomène est-il direct, ou bien est-il simplement consécutif à la formation de quelque produit d'où le saccharose dériverait ensuite; les expérimentateurs qui, jusqu'à ces derniers temps, s'étaient occupés de la production du sucre par la betterave n'avaient point résolu cette question.

J'ai cherché à la résoudre, en partant de cette idée préconçue qu'un phénomène aussi considérable que celui de la saccharogénie devait être direct et, comme tous les grands phénomènes de la vie végétale, placé immédiatement sous la dépendance de la lumière.

Mes prévisions à ce sujet se sont réalisées et, des recherches que j'ai poursuivies pendant deux années consécutives, il est permis de conclure aujourd'hui que, formé directement dans les limbes des feuilles, sous l'influence de la lumière solaire et proportionnellement à l'intensité de celle-ci, le saccharose est ensuite, et à travers les pétioles, exporté vers la souche où il s'emmagasine.

Pour établir cette proposition importante, je me suis, en 1883 et 1884, attaché à établir, à des intervalles réguliers, la composition diurne et nocturne des feuilles de la betterave.

Dans un champ cultivé avec soin, mais dans des conditions normales cependant, un certain nombre de sujets (dix au moins), aussi semblables que possible, étaient choisis pour chaque essai; à chacun de ces sujets, on enlevait exactement à 4^h du soir la moitié du bouquet de feuilles dont il était surmonté, et ces feuilles étaient aussitôt soumises à l'analyse. Le lendemain à 4^h du matin, la seconde moitié du bouquet était coupée de même, et les feuilles, de même aussi, soumises à l'analyse.

En opérant de cette façon de quinzaine en quinzaine pendant toute la campagne de 1883, de deux en deux jours pendant trois semaines consécutives de la campagne de 1884, j'ai vu se dessiner avec netteté une loi qui, chaque fois, s'est vérifiée.

Quelle que fût la quantité de saccharose contenue dans les limbes des feuilles à 4^h du soir, qu'elle s'élevât à près de 1 pour 100, comme cela est arrivé quelquefois, ou qu'elle ne dépassât pas 0,5, même 0,25 pour 100, peu importe : toujours la quantité constatée à la fin de la nuit, à 4^h du matin, s'est montrée de beaucoup inférieure; le plus souvent la diminution a été de moitié, quelquefois elle a été plus considérable.

Des différents produits que la plante loge dans ses tissus, le saccharose d'ailleurs est le seul dont le pourcentage subisse dans ces conditions des variations régulières.

J'ai pu alors, des observations nombreuses que j'avais faites, conclure que le saccharose prend naissance directement, peut-être sans intermédiaire, sous l'influence de la lumière du soleil; pendant le jour, les limbes en forment une quantité d'autant plus grande que la lumière est plus intense; quelquefois la proportion en atteint 1 pour 100, et la production par bouquet de feuilles peut, par suite, s'élever, en un jour, à 2^{gr} ou 3^{gr}. Un double courant osmotique s'établit alors entre les sels que les radicelles ont enlevés au sol et le saccharose que les limbes viennent de produire, et de ce double courant résultent, à travers les pétioles, d'un côté la minéralisation de la feuille, d'un autre la saccharification de la souche; la nuit, la faculté saccharogénique des limbes s'arrête, le saccharose ne se forme plus, mais l'émigration de celui qui a pris naissance pendant le jour continue.

La découverte de ces faits présente, non seulement au point de vue scientifique, mais encore au point de vue de la pratique agricole, une importance qu'on ne saurait méconnaître. En nous apprenant que c'est du fonctionnement des limbes que dépendent directement la formation du saccharose et, par suite, son emmagasinage dans la souche, en nous permettant de constater à quel degré ce fonctionnement varie, suivant les races et même suivant les individus, ils indiquent à quel degré le cultivateur et le producteur de graines de betteraves doivent se préoccuper de la nature et de l'aptitude saccharogénique des organes aériens des sujets qu'ils destinent à la reproduction.

VII. — Mesure superficielle des parties sonterraines des plantes et de la betterave en particulier.

L'étude des parties souterraines des plantes, au point de vue de leur importance fonctionnelle, offre aujourd'hui encore de nombreuses lacunes. Parmi celles-ci, figure l'impossibilité dans laquelle les expérimentateurs se sont trouvés jusqu'ici d'en mesurer la surface avec une approximation suffisante.

Au moment où j'allais entreprendre l'étude du développement progressif de la betterave à sucre considérée dans toutes ses parties, c'était chose nécessaire que de combler cette lacune; à la surface développée par les feuilles à travers l'atmosphère, il fallait, en effet, comparer la surface développée par les radicelles à travers le sol.

Mesurer cette surface à l'aide des procédés géométriques est chose impossible; aussi, est-ce à un procédé détourné que j'ai eu recours pour en déterminer l'étendue; ce procédé consiste à enrober racines et radicelles d'une substance capable d'adhérer à leur surface, sous la forme d'un anneau d'épaisseur constante, facile à en détacher ensuite et à peser.

De toutes les substances que j'ai expérimentées dans ce but, celle qui m'a donné les meilleurs résultats et que j'ai, par suite, adoptée, est le soufre en fleurs.

Sans insister sur le proeédé opératoire à l'aide duquel je suis parvenu à déposer autour des radicelles des plantes et à en détacher ensuite une couche invariable de ce produit, je me contenterai d'indiquer que son application m'a permis de reconnaître qu'au dépôt de 1^{gr} de soufre correspondent des surfaces comprises entre 170^{cq} et 225^{cq}, de telle sorte qu'en adoptant le chiffre moyen de 200^{cq} pour 1^{gr} de soufre, il est possible d'obtenir la mesure superficielle des parties souterraines des plantes, avec une approximation de $\frac{1}{10}$ environ, soit en dessus, soit en dessous. C'est là, pour la plupart des recherches de physiologie végétale et d'agronomie, une exactitude généralement suffisante.

VIII. — Développement progressif de la betterave à sncre.

C'est à un point de vue tout nouveau et tout différent de celui auquel mes prédécesseurs dans cette voie s'étaient placés que j'ai entrepris et

poursuivi, de 1883 à 1887, l'étude du développement progressif de la betterave à sucre.

Je me suis proposé en effet d'étudier, aux diverses phases de la végétation, non seulement, comme beaucoup l'avaient fait jusqu'alors, la betterave proprement dite, c'est-à-dire la souche de la plante sucrée, mais encore son appareil aérien et son appareil radiculaire.

La récolte de cet appareil dans son entier n'avait jamais été tentée jusqu'ici, le nombre, la ténuité, la longueur des radicelles la rendaient singulièrement difficile.

Pour la réaliser, j'ai fait élever sur le sol un énorme terre-plein maintenu par des murs en bois à double paroi, mesurant 2^m de hauteur sur 6^m de largeur et 13^m de longueur, divisé, à l'aide de cloisons, en dix compartiments remplis d'une terre bien homogène et sur chacun desquels a été conduite, dans des conditions identiques, la végétation de quatre-vingts betteraves provenant d'une graine particulièrement pure.

De douze en douze jours, à intervalles réguliers par conséquent, toutes les betteraves d'une case ont été récoltées. Pincées au collet par un appareil qu'il serait trop long de décrire ici, et ainsi suspendues, ces betteraves ont été alors, au moyen de jets d'eau modérés, débarrassées peu à peu de la terre au milieu de laquelle leurs radicelles s'étaient développées, et récoltées par conséquent dans toute leur intégrité.

Quelques-unes d'entre elles ont été chaque fois, pour garder des témoins des constatations faites, reproduites par la photographie, à l'échelle de $\frac{1}{10}$.

Des plantes ainsi extraites du sol j'ai ensuite séparé d'un côté la souche, d'un autre les limbes des feuilles, d'un autre leurs pétioles, d'un autre enfin les radicelles.

C'était chose importante, en effet, que de faire de chacune de ces parties une étude indépendante.

1° *Étude de la souche.* — Les faits que cette étude m'a permis de reconnaître sont nombreux et importants.

J'ai pu, notamment, établir qu'au cours du développement progressif de la betterave les matières autres que le sucre, tant solubles qu'insolubles, forment une proportion sensiblement constante, égale environ (du moins pour la variété cultivée en vue de ces essais) aux $\frac{6}{100}$ du poids de la plante; que cependant, suivant les conditions météorologiques, suivant l'avancement en âge de la betterave, on voit des variations considérables se pro-

duire dans la composition de la souche, mais que c'est spécialement entre l'eau et le sucre que s'accomplit le jeu de ces variations;

Que, sous l'influence des pluies, le sucre déjà formé ne disparaît pas de la souche, comme on l'admet généralement, pour servir à la formation de feuilles nouvelles; que ce sucre subsiste, au contraire, mais que, la souche augmentant alors de poids par hydratation, sans emmagasiner de nouvelles quantités de matière sucrée, la richesse apparente seule s'en trouve affaiblie;

Que, dans l'accroissement de la souche, il convient de distinguer trois périodes successives et non point deux, comme on le fait d'habitude : l'une allant depuis la levée jusqu'au 15 juillet, pendant laquelle le végétal se constitue et s'accroît suivant une progression rapide; la deuxième, du 15 juillet au 15 août, pendant laquelle l'accroissement, d'une constance remarquable, correspond à un emmagasinement, par la souche, de 1gr de sucre environ par jour; une troisième enfin, ou période automnale, qui peut quelquefois, en l'absence des gelées, se prolonger tard en saison, pendant laquelle le gain en sucre est plus considérable encore et peut, dans des circonstances favorables, s'élever jusqu'à 2gr par jour.

Des faits ainsi établis résultent pour la culture des conséquences intéressantes : comme, par exemple, l'avantage que présentent les arrachages tardifs, arrachages qui, adoptés dès 1886 par plusieurs cultivateurs, leur ont permis d'obtenir des rendements plus grands en poids et en richesse.

2° *Étude du pivot et des radicelles.* — C'est pour la première fois que cette étude était entreprise; elle devait avoir, au point de vue de la saccharogénie, une importance particulière.

Dans ces dernières années, on avait vu, en effet, quelques savants se demander si les parties souterraines, si les radicelles notamment ne devaient pas être considérées comme les agents producteurs, pour tout ou pour partie, de la matière sucrée emmagasinée dans la souche.

L'examen que j'ai fait, au cours de mes recherches, de ces parties souterraines, m'a semblé démontrer que cette opinion n'est pas fondée.

En premier lieu, en effet, j'ai reconnu que, si le pivot et les radicelles prennent, à travers le sol, un développement superficiel considérable, un développement tel qu'en fin de campagne, au mois d'octobre, on le trouve presque égal au développement superficiel des feuilles, on ne voit, à ce grand développement, correspondre, en réalité, qu'un poids très faible, un poids qui, pendant la plus grande partie de la végétation, ne représente que 15 pour 100 du poids total de la plante.

En second lieu, l'analyse du pivot et des radicelles réunis m'a permis d'établir que, à quelque époque de son développement que l'on analyse la betterave, on trouve ses parties souterraines toujours pauvres en matières sucrées, en renfermant au maximum 1,4 pour 100, habituellement 0,6 à 0,8 pour 100.

De telle sorte que, dans ce chevelu si peu pesant et si pauvre, il est difficile, en vérité, de reconnaître un atelier de fabrication du sucre assez développé ou assez actif pour approvisionner un magasin aussi vaste et aussi riche que la souche de la betterave.

3° *Étude des feuilles.* — Cet atelier de fabrication, c'est dans la feuille qu'on le trouve; je crois l'avoir précédemment démontré [1].

Son importance est d'ailleurs considérable; l'étude de la souche m'a permis d'établir que, pendant la plus grande partie de la végétation de la betterave, celle-ci, sous conditions normales, s'enrichit de 1gr de sucre chaque jour. L'étude des parties aériennes m'a permis d'établir de même que, ce gramme de sucre, les feuilles peuvent chaque jour le fournir à la souche.

L'équation de la formation du sucre par la betterave résulte de ces deux démonstrations.

En dehors de cette conclusion capitale, il est d'autres faits encore que l'étude des feuilles m'a permis de reconnaître.

C'est ainsi que, de cette étude, il résulte que le bouquet de la betterave, formé généralement de 40 pour 100 de limbes et de 60 pour 100 de pétioles, va grandissant d'abord avec rapidité, passant ensuite par une période stationnaire et reprenant enfin une activité nouvelle au moment où la saison se termine; mais, de cette étude, l résulte aussi que la période stationnaire qui vient d'être indiquée n'est qu'un phénomène artificiel dû à la chute des feuilles qui se fanent.

Ce bouquet, d'autre part, et c'est là un résultat imprévu, l'expérience nous le montre sensiblement indépendant des variations d'humidité du sol qui, au contraire, influent considérablement sur la souche.

Enfin, au tissu végétal dont ces feuilles sont faites, l'analyse permet de reconnaître à tout moment une teneur sensiblement constante en matières organiques autres que le sucre, aussi bien qu'en matières minérales; seule

---

(1) *Voir* p. 20.

la proportion de matière sucrée s'y montre variable suivant l'intensité de la lumière reçue.

Conclusions. — Lorsque, groupant toutes les données fournies par la longue étude que je viens de résumer, on cherche à en tirer les enseignements principaux, on est conduit aux conclusions suivantes :

L'observation attentive des accroissements personnels à chacune des parties de la plante montre l'appareil foliacé prédominant pendant les deux premiers mois de la végétation (juin et juillet); c'est à se constituer que la plante travaille alors; la souche est encore à l'état rudimentaire; l'appareil radiculaire, au contraire, très développé, représente 10 pour 100 du poids total.

Pendant les deux derniers mois de la saison (août et septembre), c'est dans des conditions tout autres que la végétation se poursuit. L'appareil aérien et l'appareil radiculaire augmentent, à la vérité, mais dans des proportions si faibles que souvent on est amené à considérer le premier comme stationnaire; la souche, au contraire, augmente rapidement en poids, et, en fin de campagne, elle représente les $\frac{2}{3}$ environ du poids de la plante entière.

Pour chacune des trois parties de la betterave, cet accroissement est régulier et proportionnel au temps.

Inégal quant à l'intensité pour chacune d'elles, faible pour le bouquet et les radicelles, considérable, au contraire, pour la souche, cet accroissement conserve sa régularité vis-à-vis de la plupart des produits dont ces parties sont composées : ligneux, matières minérales, matières organiques solubles, c'est-à-dire en cours d'élaboration.

Mais, à cette régularité, il est des exceptions importantes, et c'est surtout de ces exceptions que dérive l'allure spéciale que prend, avec le temps, la végétation de la betterave.

C'est ainsi que le chevelu augmentant rapidement en tissu vasculaire, en ligneux par conséquent, acquiert chaque jour une solidité plus grande, qui lui permet de mieux résister à la pression du terrain.

C'est ainsi que, dans les limbes des feuilles, on voit la proportion de saccharose varier du simple au double, suivant l'intensité de la lumière solaire; qu'on voit, du fait de ces variations mêmes, la souche s'enrichir plus ou moins vite.

C'est ainsi, enfin, que, dans la masse de cette souche, on voit encore les proportions d'eau et de sucre varier suivant les conditions météorologiques,

sans que, comme on l'avait cru jusqu'alors, le sucre déjà emmagasiné disparaisse des tissus dans lesquels il était logé, de telle sorte que, dans cette souche de betterave, qui, pour l'agriculteur, représente la rémunération de ses travaux, on ne doit voir, en réalité, qu'une trame végétale de composition constante, au sein de laquelle vient se loger un jus, qui, en outre d'une petite quantité de matières azotées, minérales, etc., est formé spécialement d'eau et de sucre, jus dans lequel enfin l'expérience montre la masse d'eau augmentant vis-à-vis du sucre préexistant, sous l'influence de la pluie, la proportion du sucre augmentant, au contraire, sous l'influence de la lumière solaire, et proportionnellement à l'intensité de celle-ci.

A l'époque où les recherches dont je viens de résumer les résultats étaient publiées (1883 à 1887), on voyait, de tous côtés, les efforts se multiplier dans l'espoir d'arracher notre culture de betteraves et notre industrie sucrière au danger qui les menaçait.

A ces efforts, les faits que je venais de faire connaître apportaient la démonstration scientifique que la pratique agricole, hésitante entre des opinions opposées, réclamait.

Aujourd'hui, le but vers lequel tendaient ces efforts est atteint; sur nos champs, on ne rencontre plus que des betteraves à 14 et 15 pour 100 de sucre; dans nos usines, le rendement en sucre s'élève à 11 et 12 pour 100 du poids de la betterave; quelquefois même ce rendement est dépassé.

Nos cultivateurs de betterave et nos fabricants de sucre n'ont plus à redouter aujourd'hui la supériorité momentanée des cultivateurs et des fabricants allemands ou autrichiens.

IX. — Sur le développement des Nématodes de la betterave a partir de 1884, leurs modes de propagation, et sur un procédé permettant d'en arrêter la marche.

Jusqu'en 1884, la culture de la betterave en France n'avait reçu aucune atteinte du fléau qui, depuis vingt-cinq ans environ, exerce sur cette même culture, en Saxe, de véritables ravages : ce fléau c'est le développement, sur les radicelles de la plante, d'une variété d'Helminthes, connus vulgairement sous le nom de *Nématodes de la betterave* (*Heterodera Schachtii*), qui, se multipliant à l'infini, envahissent rapidement des champs entiers et causent bientôt, par le trouble qu'ils apportent au développement des racines sur lesquelles ils sont fixés, la ruine des cultures.

Au mois d'août 1884, j'ai signalé leur apparition en France : je les ai, pour la première fois, rencontrés sur ma culture, à la ferme de la Faisanderie à Joinville-le-Pont, puis à Gonesse, à Mortières, etc.

En 1885 et 1886, j'ai constaté leurs dégâts dans plus de vingt localités différentes de l'Oise, de Seine-et-Oise, de l'Aisne et du Nord ; en 1887, je les ai retrouvés jusqu'en Auvergne.

Dès le début, j'ai cherché à éclairer les agriculteurs de notre pays sur la gravité du danger qui les menaçait ; j'ai appelé leur attention sur les voies par lesquelles se propagent les Nématodes et j'ai, en même temps, entrepris des recherches dans le but de combattre ce nouvel ennemi de notre agriculture.

Arrêter d'une manière absolue la marche des Nématodes a été jusqu'ici impossible ; j'ai été assez heureux cependant pour découvrir un procédé qui, trop dispendieux pour être appliqué à de grandes surfaces cultivées, présente une efficacité complète lorsqu'il s'agit d'attaquer seulement, au milieu des champs, les petites surfaces sur lesquelles le dépérissement de la betterave annonce si nettement l'apparition du parasite.

Ce procédé repose sur l'emploi du sulfure de carbone à dose massive (30^{kg} par are) ; il est de tout point comparable à celui qu'en Suisse la loi impose aux viticulteurs pour la destruction des taches phylloxérées.

Appliqué par moi d'abord à Joinville-le-Pont, puis par un certain nombre d'agriculteurs, ce procédé a toujours donné d'excellents résultats. Des rendements que l'invasion des Nématodes avait fait tomber à 67^{kg} de betteraves par are ont pu, par ce traitement énergique, être, la même année, relevés à 480^{kg}.

Ces résultats, et d'autres que je pourrais citer, sont nets et concluants ; ils montrent qu'avec de la prévoyance nos cultivateurs peuvent lutter contre l'invasion de leurs champs ; il leur suffit, pour cela, de surveiller ceux-ci attentivement et de traiter à mort, par le sulfure de carbone, les taches nématodées aussitôt qu'ils en auront constaté la production.

X. — Sur la destruction du *Peronospora Schachtii* de la betterave à l'aide des composés cuivriques.

Parmi les parasites qu'on voit à des époques indéterminées et dans des conditions météorologiques mal connues s'attaquer à la betterave, il en

est un, qui, plusieurs fois déjà, avait été signalé en Allemagne, et dont jusqu'à 1884 on n'avait pas remarqué l'apparition sur les cultures françaises.

Ce parasite est un cryptogame, le *Peronospora Schachtii*, qui envahissant les feuilles des betteraves, et surtout les feuilles jeunes, en détermine rapidement l'atrophie et la mort.

J'ai pour la première fois rencontré ce parasite, en 1884, à Joinville-le-Pont, sur les betteraves cultivées pour mes travaux; c'est à l'obligeance de mon collègue, M. Prillieux, que je dois sa caractérisation.

Depuis cette époque, il n'avait plus été question du *Peronospora Schachtii* en France; mais, en 1890, et sans qu'on pût en reconnaître l'origine, on l'a vu envahir avec une grande intensité, sur plusieurs hectares, les champs de betteraves d'un de nos cultivateurs les plus distingués, M. Lefranc, de Tracy-le-Val (Oise).

L'analogie botanique de ce *Peronospora* avec le *Mildew* de la vigne, le *Phytophtora* de la pomme de terre, etc., me fit penser aussitôt que peut-être on pourrait en arrêter le développement en le combattant à l'aide des agents qui, vis-à-vis de ceux-ci, ont si bien réussi depuis quelques années, c'est-à-dire à l'aide des composés cuivriques.

Cette manière de voir était juste; sur les champs attaqués, en effet, l'emploi d'une bouillie bordelaise à 3 pour 100 de sulfate de cuivre, répandue à l'aide de pulvérisateurs à main et à la dose de 5^{hlit} par hectare, a suffi pour arrêter absolument le développement du parasite.

Non seulement les betteraves non attaquées encore ont été ainsi préservées contre l'invasion, mais encore celles qui déjà avaient souffert de son développement se sont guéries et ont pu arriver à maturité et acquérir une richesse saccharine acceptable.

Au retour probable du parasite, la culture betteravière pourra donc, dorénavant, et avec sécurité, opposer un remède efficace.

RECHERCHES SUR LA CULTURE DE LA POMME DE TERRE INDUSTRIELLE ET FOURRAGÈRE.

Possibilité d'améliorer sa culture en France. — Détermination de la richesse en fécule des tubercules. — Développement progressif de la plante. — Procédés culturaux. — Résultats agricoles obtenus de 1885 à 1893. — Emploi des bouillies cuivriques contre la maladie. — Application de la pomme de terre à la distillerie agricole.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. CIV, p. 1629; t. CVIII, p. 412, p. 525, p. 602. — Annales de Chimie et de Physique, 6e série, t. XII, octobre 1887. — Recherches sur la culture de la pomme de terre industrielle, 1 vol. in-8 avec atlas d'héliogravures, chez Gauthier-Villars et fils. — Bulletin des séances de la Société nationale d'Agriculture, février 1892 et mars 1893. — Mémoires de la Société nationale d'Agriculture, t. CXXV. — Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, 4e série, t. VII.

La culture de la pomme de terre représente, en France, une portion considérable de notre domaine agricole.

D'après les statistiques officielles les plus récentes (1891) elle s'étend sur 1 492 736 hectares, alors que la culture de la betterave n'occupe, en racines sucrières que 260 156, en racines fourragères que 342 692 hectares; le vingtième de notre territoire labourable lui appartient.

Mais si, au point de vue de la surface cultivée, cette culture présente une grande puissance, il n'en est plus ainsi lorsqu'on la considère au point de vue de sa production; celle-ci est absolument misérable. Sur les 1 492 736 hectares cultivés en pommes de terre en 1891, on n'a récolté que 111 672 683 quintaux, soit une moyenne de 7481kg par hectare. C'est là, d'ailleurs, un nombre bien moyen, car pour la période décennale de 1879 à 1888, c'est à 99 877 928 quintaux, soit en nombres ronds à 100 000 000 de quintaux, que cette récolte est évaluée.

Si faible que soit ce rendement, il n'en représente pas moins, pour l'agriculture française (au prix officiel de 5fr,24 les 100kg), une récolte de 585 299 000fr.

Dans quelques-uns de nos départements, il est vrai, le chiffre du rendement se relève; mais, pour les plus favorisés, on ne le voit jamais dépasser 12 000kg à 15 000kg à l'hectare, tandis que pour quelques autres on le voit descendre au chiffre de 5000kg et même de 4000kg.

Ces faibles rendements font, bien souvent, en France, considérer la culture de la pomme de terre comme un pis-aller.

Il en est autrement en Allemagne; la culture de la pomme de terre, contrairement à ce qui se passe en France, y est considérée comme de première importance, et des soins lui sont donnés qu'on ne saurait comparer qu'à ceux que nous donnons à la culture de la betterave à sucre.

En général, dans ce pays, ou du moins dans quelques-unes de ses parties, les rendements de 25 000^{kg} et 28 000^{kg} à l'hectare sont considérés comme normaux, tandis qu'en France c'est seulement chez un bien petit nombre de cultivateurs émérites qu'on voit la récolte s'élever à 20 000^{kg} et 25 000^{kg}.

Ce n'est pas tout, et sous le rapport de la teneur en fécule nos récoltes de pommes de terre présentent la même infériorité que sous le rapport du poids; rarement les tubercules récoltés en France tiennent plus de 15 à 16 pour 100 de fécule anhydre, tandis qu'en Allemagne les richesses de 18, même de 20 pour 100 sont regardées comme normales.

Aussi la pomme de terre joue-t-elle, en Allemagne, un rôle capital dans l'assolement, et la voit-on servir de matière première à une énorme production d'alcool. Chaque année, l'Allemagne met sur le marché près de 4 000 000 d'hectolitres d'alcool, dont les deux tiers au moins proviennent du traitement de la pomme de terre; si bien que c'est à plus de deux milliards et demi de kilogrammes, au produit de 100 000 hectares au moins, que s'élève la masse de tubercules que les distillateurs allemands transforment chaque année, d'un côté en alcool, d'un autre en pulpe propre à l'alimentation du bétail.

En France, la fabrication de l'alcool et de la pulpe de pommes de terre n'existait pas, il y a quatre ans; les méthodes imparfaites appliquées à la culture de cette plante eussent rendu cette fabrication impossible, et, pour produire les 2 000 000 d'hectolitres d'alcool que la consommation réclame, nos distillateurs devaient importer des masses considérables de maïs, enlever à la sucrerie plus d'un milliard de kilogrammes de betteraves, faire concurrence, enfin, à l'industrie naissante de la sucraterie.

Cette différence dans l'allure de deux industries dont le but est identique et dont les procédés sont analogues, s'explique naturellement par les différences que je signalais tout à l'heure dans les rendements culturaux des deux pays; celles-ci d'ailleurs ne semblaient *a priori* justifiées par aucune cause nécessaire; le sol et le climat de France se prêtent, aussi bien que celui de l'Allemagne, à la culture de la pomme de terre, et c'était par suite chose toute probable, sinon démontrée d'avance, que notre agriculture se

trouvait, au point de vue de la production de ce tubercule, et comme elle l'a été si longtemps au point de vue de la production de la betterave, dans un état d'infériorité dû exclusivement à l'insuffisance des procédés qu'elle emploie.

C'est sous l'empire de cette préoccupation que j'ai entrepris et poursuivi pendant dix années, de 1884 à 1894, les recherches que je vais rapidement résumer, recherches qui, couronnées par un succès inespéré, ont abouti à une transformation profonde et rapide de la culture de la pomme de terre en France.

Dès aujourd'hui, grâce à ce succès, notre agriculture, largement rémunérée, met à la disposition de la féculerie, de la distillerie, de l'alimentation du bétail des récoltes de pommes de terre abondantes et riches. La production en poids et en argent est par hectare doublée, souvent même triplée.

XI. — Possibilité d'améliorer en France la culture de la pomme de terre.

Avant que de rechercher les méthodes culturales qu'il conviendrait d'adopter pour réaliser cette amélioration, une première étude s'imposait, toute pratique celle-là, consistant à reconnaître s'il est possible d'obtenir, dans notre pays, de hauts rendements en tubercules, en même temps qu'une richesse satisfaisante de ceux-ci en fécule.

En 1885, j'ai dans ce but, et à la suite d'essais préparatoires exécutés l'année précédente, entrepris à la ferme dela Faisanderie, à Joinville-le-Pont (Seine) et sur le domaine de Clichy-sous-Bois (Seine-et-Oise) des cultures, limitées d'abord à quelques ares, puis grandissant peu à peu, pour, en 1889, les étendre sur une surface d'un hectare.

Dès 1886, la possibilité d'atteindre le résultat cherché était démontrée. Huit variétés me donnaient des rendements en poids variant de 26500^{kg} à 43000^{kg} à l'hectare; quatre de ces variétés étaient d'origine française, les quatre autres d'origine allemande.

En 1887, une nouvelle récolte venait confirmer ces résultats; sur des étendues de terrain s'élevant déjà à 5 ares chacune, je cultivais, à Joinville et à Clichy, cinq variétés d'origine allemande et vingt variétés d'origine française; et, malgré les conditions défavorables de l'année, la culture aboutissait à des rendements de 22000^{kg} à 34800^{kg} par hectare. C'était dès lors un fait acquis qu'aux plants allemands n'appartient aucune supériorité originelle.

En 1888 enfin, sur des surfaces dont quelques-unes mesuraient 15 et 18 ares, dont l'une atteignait un hectare, dans les conditions de la grande culture, je voyais les rendements augmenter encore et la richesse en fécule s'élever pour certaines variétés jusqu'à 17,5 et 18,5 pour 100.

L'enseignement fourni par ces résultats était décisif; améliorer la production de la pomme de terre en France, l'amener au même degré de perfection qu'en Allemagne, n'était certainement qu'une question de méthodes.

C'est à établir scientifiquement ces méthodes, à leur donner la forme pratique que je devais m'attacher.

XII. — Détermination de la richesse des tubercules en fécule.

Une question subsidiaire se posait à ce moment; pour donner la mesure précise des résultats si nombreux que cette recherche allait fournir, c'était chose nécessaire que de trouver un procédé d'évaluation de la richesse féculente des tubercules qui présentât des garanties d'exactitude et de facilité d'exécution supérieures à celles des procédés usités jusqu'alors.

J'ai été assez heureux pour fournir à la pratique agricole un procédé de cette sorte; il repose sur l'absorption de l'iode, en solution aqueuse titrée, par la fécule préalablement gonflée au contact de la liqueur ammonio-cuivrique de Peligot.

Ce procédé donne une mesure exacte de la richesse féculente, non seulement des tubercules de la pomme de terre, mais encore de tous les produits agricoles amylacés : blé, maïs, riz, etc.

L'exécution cependant en est trop délicate pour qu'on puisse le considérer comme un procédé commercial; c'est au domaine du laboratoire qu'il appartient.

Aussi ai-je dû rechercher, à côté de cette solution, une solution plus simple, qui permît au cultivateur, au féculier, au distillateur d'apprécier rapidement et avec une approximation suffisante la richesse en fécule des tubercules qu'ils se proposent de vendre ou d'acheter.

Cette solution, je l'ai trouvée en combinant, en collaboration avec M. Fleurent, préparateur du cours de Chimie industrielle au Conservatoire des Arts et Métiers, un voluménomètre à écoulement d'eau, d'une construction rustique, auquel nous avons donné le nom de *féculomètre pour pommes de terre,* et dont l'usage s'est rapidement répandu chez les cultivateurs et les industriels.

XIII. — Développement progressif de la pomme de terre.

Dans les recherches nombreuses qui, jusqu'à 1885, avaient été poursuivies, en Allemagne surtout, on avait toujours vu les expérimentateurs, même les plus habiles, porter exclusivement leur attention sur les variations apportées au poids et à la richesse de la récolte par l'adoption de procédés culturaux différents, mais dont le choix n'était déterminé par aucune vue d'ensemble.

Ma préoccupation a été toute différente, et il m'a semblé que je marcherais d'un pas plus sûr vers la solution du problème agricole que je m'étais posé, si d'abord j'établissais avec précision l'équation de la vie de la plante, en suivant attentivement les phases successives de sa végétation et fixant, pour chacune de ces phases, le poids, la surface, la composition de ses diverses parties.

C'est ce que j'ai fait pendant trois campagnes successives (1886, 1887, 1888) d'après une méthode identique à celle qui, appliquée au développement progressif de la betterave à sucre, m'avait fourni en 1885 de si intéressants résultats.

Je ne saurais entrer ici dans l'exposé détaillé des procédés auxquels j'ai eu recours dans le but de fixer pour les feuilles, les tiges, les racines et les tubercules tous les faits remarquables que cette longue étude devait faire reconnaitre. Je me contenterai d'indiquer rapidement les conclusions principales auxquelles ils m'ont conduit.

Dans le développement progressif de la pomme de terre, on observe trois phases principales.

C'est d'abord une période de grande activité végétale; toutes les parties de la pomme de terre se développent à la fois, les tubercules se forment, les tiges s'allongent et se couvrent de feuilles, les radicelles forment un chevelu inextricable; en général, c'est au commencement de juillet que cette phase est dans son plein, et jusqu'à la fin d'août ce sont les mêmes phénomènes qui se produisent sans interruption.

C'est à l'accroissement des tubercules surtout que cette activité s'applique, mais les tiges et les feuilles y participent également; bientôt, cependant, l'accroissement de celles-ci s'arrête, tandis que parmi les radicelles les unes périssent, les autres, au contraire, s'accroissent en longueur et en diamètre.

Mais dès le milieu de septembre tout change, les tiges se dessèchent, les feuilles commencent à faner et à tomber sur le sol, c'est la deuxième phase; les tubercules continuent à croître, cependant, mais plus faiblement; leur accroissement devient proportionnel à la surface des feuilles qui subsistent encore, la vie des racidelles reste la même que précédemment, mais déjà leur altération commence.

Vient enfin la troisième phase : c'est au milieu d'octobre qu'elle se produit en général, à moins que la variété ne soit hâtive. Les feuilles sont fanées à ce moment, quelques-unes cependant adhèrent encore aux tiges; celles-ci ont séché sur pied, les radicelles n'existent plus; les tubercules sont isolés dans le sol; ils n'empruntent plus rien ni à l'atmosphère, ni à la terre; le but de la culture est rempli, la fécule a atteint son maximum de production.

Cette fécule, j'ai démontré qu'il en fallait chercher l'origine dans les feuilles, et je me suis cru autorisé à présenter cette hypothèse que le saccharose, dont j'ai démontré la présence dans ces feuilles mêmes, en était la forme première. Produit au milieu du tissu des limbes sous l'influence de la lumière solaire, utilisé en partie pour la constitution de l'appareil foliacé, ce saccharose vient alors, en partie au moins, après avoir traversé les tiges, se loger dans les tubercules. Là, par inversion, il se transforme en lévulose et en glucose, dont le premier intervient à la formation de la cellulose lévogyre, tandis que le second devient la matière première de la formation de la fécule dextrogyre.

Le rôle physiologique des diverses parties de la plante apparaît alors avec netteté, et l'on aperçoit aussitôt dans quelles conditions culturales il convient de placer d'un côté l'appareil foliacé de la pomme de terre pour qu'il acquière tout son développement et constitue un vaste laboratoire de synthèse organique, d'un autre ses longues radicelles, pour que dans le sol elles aillent, à leur aise, chercher l'eau et les sels dont la diffusion à travers la plante doit créer le mouvement osmotique, qui ramène aux tubercules la matière sucrée descendant des feuilles pour s'y transformer en fécule.

XIV. — Procédés culturaux.

Les causes sous l'influence desquelles les récoltes de pommes de terre peuvent augmenter en poids et en richesse sont nombreuses. J'ai reconnu qu'en dehors des conditions météorologiques, il y faut compter la prépa-

ration du sol et notamment la profondeur des labours, la nature et la proportion des engrais, la date de la plantation, sa régularité, l'espacement des poquets, et enfin et par-dessus tout le choix du plant et sa sélection.

J'ai examiné successivement ces divers côtés de la question; pour la plupart d'entre eux je me suis trouvé en désaccord avec les habitudes adoptées depuis longtemps par la culture française. J'ai conseillé de modifier ces habitudes dans lesquelles j'avais reconnu la cause essentielle de l'infériorité de la culture de la pomme de terre en France, et j'ai eu la satisfaction de voir dès 1890 plus de cent cultivateurs, opérant sur 2 et 3 hectares quelquefois, démontrer par leur succès l'excellence des indications que j'avais cru pouvoir déduire de mes propres observations.

Les trois campagnes qui se sont succédé depuis cette époque (1891-1892-1893) ont apporté aux méthodes culturales basées sur ces observations une consécration éclatante; la culture de la pomme de terre industrielle et fourragère en France peut aujourd'hui être considérée comme transformée.

Profondeur des labours. — C'est un préjugé très répandu que, sous le rapport de la préparation du sol, la pomme de terre n'est pas une plante exigeante. Nombre de cultivateurs, rencontrant, au moment de l'arrachage, les tubercules à fleur de terre, considèrent que, pour cette culture, point n'est besoin de labourer le sol au delà de quelques centimètres.

Il suffit d'avoir considéré une fois le chevelu long et touffu de la pomme de terre [1] pour comprendre à quel degré cette coutume est mauvaise.

J'ai démontré, par des cultures comparatives, qu'à la pomme de terre, au contraire, des labours profonds sont nécessaires, et l'expérience de mes nombreux collaborateurs a, depuis, confirmé l'efficacité de ce mode de travail.

Des engrais. — Beaucoup de cultivateurs croient également qu'à la culture de la pomme de terre il est inutile de faire intervenir les engrais; j'ai démontré expérimentalement que c'était là une grave erreur.

Il en est de la pomme de terre comme de toutes les autres plantes cultivées; l'apport d'éléments fertilisants complémentaires : azote, acide phosphorique, potasse, est indispensable à la production de récoltes élevées; on doit même, ainsi que je l'ai établi, considérer la pomme de terre comme une plante particulièrement absorbante sous ce rapport. Des cultures con-

---

(1) *Voir* l'album d'héliogravures joint à mes *Recherches sur la culture de la pomme de terre.*

sidérables, s'étendant sur 50 hectares quelquefois, ont apporté en 1892 et 1893 une démonstration saisissante de ce fait, qu'avant la publication de mes recherches la culture française était loin de soupçonner.

Régularité de la plantation. — Les cultivateurs n'attachent en général aucune importance à cette question; j'ai montré qu'au contraire l'importance en est grande. En comparant dans une même pièce cultivée des parties plantées *au pas*, c'est-à-dire arbitrairement, et des parties plantées au rayonneur, j'ai pu établir que dans le second cas on réalisait une augmentation de récolte qui, à l'hectare, pouvait s'élever jusqu'à 3000^{kg}.

Date de la plantation. — Des études répétées sur ce point m'ont permis d'indiquer la limite au delà de laquelle les rendements s'abaissent. Plus la plantation est hâtive, plus ces rendements sont élevés.

Espacement du plant. — La question est capitale au point de vue de l'importance de la récolte; j'ai dû sur ce point lutter contre de vieux préjugés. On aime, en général, à espacer largement le plant. J'ai montré par des expériences précises, faites tantôt sur de petites surfaces, tantôt sur des cultures étendues, qu'il fallait au contraire serrer le plant jusqu'aux limites extrêmes que permettent les façons culturales. La grande culture a, depuis 1890, adopté sur ce point les idées nouvelles que je lui apportais et le poids des récoltes s'est de ce fait élevé souvent de moitié.

De la fragmentation des tubercules du plant. — S'il est, chez les planteurs de pommes de terre, une habitude bien enracinée, c'est celle qui consiste à couper les tubercules de plant en deux ou trois fragments, de manière à obtenir d'un poids donné de semenceaux l'ensemencement le plus étendu possible. Cette habitude est essentiellement mauvaise; en opérant de cette façon on économise le plant, il est vrai, mais on diminue dans une importante mesure le rendement à l'hectare.

Cette manière de faire a été, il y a quelques années, combattue en Allemagne par divers expérimentateurs, notamment par M. Wollny. Après avoir reconnu l'exactitude des faits signalés, j'ai entrepris de mon côté des démonstrations nombreuses, destinées à convaincre nos cultivateurs des inconvénients inhérents à leur manière de faire habituelle. De tous les progrès culturaux qu'exige l'amélioration de nos rendements, celui-ci sera certainement le plus difficile à faire accueillir.

Dans ces dernières années, cependant, j'ai été assez heureux pour voir

le préjugé depuis longtemps admis disparaître de la pratique de nos grands cultivateurs. Presque tous aujourd'hui, écoutant mes conseils et éclairés par l'expérience, ont abandonné la plantation par fragments pour lui substituer la plantation en tubercules moyens et entiers. Leurs rendements en ont été considérablement augmentés. Les années sèches, comme 1893, apportent d'ailleurs une démonstration saisissante des inconvénients que la fragmentation présente; on a vu, en effet, à la campagne dernière, des champs entiers rebelles à la levée et ne fournissant aucune récolte parce que la plantation en avait été faite, suivant les anciens errements, en tubercules coupés.

Du choix du plant et de la sélection. — Quelque considérable que soit le rôle joué dans l'amélioration du rendement par les divers progrès culturaux que je viens de passer en revue, c'est au choix du plant qu'appartient le rôle prépondérant.

On ne s'en doutait que bien peu en France il y a dix ans et même, aujourd'hui, si nos grands cultivateurs sont convaincus de cette vérité, la plupart de nos petits cultivateurs ont bien de la peine à l'admettre.

Chez ceux-ci, en général, aujourd'hui encore, les plants sont mis en terre, comme ils viennent et sans choix; même c'est une coutume que de destiner à la vente tous les beaux produits et de réserver pour le plant les tubercules de rebut. On ne saurait plus mal agir.

Dès le début de mes recherches, c'est à fixer les conditions que le plant doit remplir que je me suis surtout attaché; et j'ai, dans cette voie, reconnu des faits importants desquels j'ai pu déduire des règles précises pour la sélection des tubercules destinés à la plantation.

J'ai d'abord établi qu'il ne suffisait pas de choisir ceux-ci uniquement d'après leur poids; j'ai montré que, dans des conditions culturales identiques, le poids de la récolte fournie par des tubercules de poids identique également pouvait varier du simple au quadruple.

Prenant alors, à la fin d'une campagne, tous les tubercules petits et gros constituant la récolte d'un pied déterminé, je les ai réservés comme semence pour la campagne suivante; pesé alors et planté isolément, côte à côte, chacun de ces tubercules a fourni une récolte que j'ai soigneusement pesée et analysée.

L'expérience a porté sur dix variétés, à chacune desquelles j'avais demandé la récolte d'une dizaine de pieds.

Et, dans ces conditions, j'ai pu établir avec précision que, dans la récolte provenant d'un sujet déterminé, on voit les petits tubercules, malgré une puissance productive quelquefois énorme, donner en surface des récoltes inférieures, tandis qu'au delà se rencontre une zone comprenant les moyens et les gros et dans laquelle les récoltes ne varient que dans des limites peu étendues.

Des observations ainsi faites, au nombre de plus de 1000, j'ai pu déduire cette règle que si, dans le choix du plant, le cultivateur doit rejeter les petits, il est inutile qu'il recherche les gros; les moyens lui donneront à moindre frais une récolte aussi belle.

Les recherches qui m'ont permis d'établir cette règle devaient cependant me conduire à des résultats plus considérables encore : elles devaient me permettre d'établir les qualités héréditaires des sujets et mettre entre mes mains une méthode de sélection permettant d'assurer à chaque variété la perpétuité et même l'amélioration de ses qualités originelles.

L'importance de ces qualités héréditaires, dont quelques horticulteurs soupçonnaient l'existence, n'avait jamais été établie scientifiquement jusqu'ici, pas plus en Allemagne qu'en France; elles constituent cependant le nœud de la question.

A chaque tubercule de pomme de terre appartiennent des qualités de reproduction qui se retrouvent intactes dans sa descendance; tout tubercule provenant d'un pied à grosse récolte fournit une récolte abondante, et inversement.

Les conditions d'après lesquelles le plant doit être choisi dérivent de cette observation; c'est aux tubercules moyens que le cultivateur doit s'adresser, et ces tubercules, il les doit demander aux pieds qui ont fourni une production abondante et riche.

J'ai d'ailleurs démontré au cours de mes recherches un fait que, jusqu'alors et faute de recourir à la balance, on n'avait pas reconnu : entre l'abondance de la récolte que prépare chaque pied de pommes de terre d'une variété déterminée et la richesse de sa végétation aérienne, il existe une relation voisine de la proportionnalité; au pied de tout sujet à riche végétation se forme une récolte abondante.

De là, pour opérer la sélection, un procédé très simple; celui-ci consiste à marquer dans le champ les pieds faibles qu'on veut rejeter, si l'ensemble de la culture est beau, les pieds forts que l'on veut conserver au contraire, si ce sont eux qui font l'exception.

A la suite de ces démonstrations, une autre question se présentait encore qu'il importait d'élucider. Parmi les causes qui, *a priori*, semblent devoir influer sur l'abondance des récoltes de pommes de terre, beaucoup de personnes font figurer l'emploi, à la plantation, de tubercules riches en fécule.

C'est là une hypothèse raisonnable et c'est chose certaine que si elle était démontrée par l'expérience, la sélection des tubercules de plant d'après leur densité et, par suite, d'après leur richesse féculente, apporterait une aide précieuse au procédé de sélection d'après l'abondance de la végétation aérienne que j'ai fait connaître.

A une date toute récente (1892) j'ai entrepris des recherches méthodiques dans le but de rechercher si réellement la richesse en fécule des tubercules de plant exerce une influence sur l'abondance et la richesse des récoltes que ceux-ci fournissent, et j'ai, malheureusement, dû reconnaître que l'opinion favorable à cette hypothèse, et généralement admise par les cultivateurs, n'était pas justifiée.

XV. — Résultats agricoles obtenus de 1884 à 1894.

De 1884 à 1888 inclusivement je suis resté seul à pratiquer, tant à Joinville-le-Pont qu'à Clichy-sous-Bois, les procédés culturaux dont progressivement j'avais reconnu l'influence sur les rendements en poids et en richesse des récoltes de pommes de terre. C'était alors, à proprement parler, une période d'essais; peu à peu j'avais agrandi les surfaces cultivées; en 1888, enfin, j'avais porté l'une de ces surfaces à un hectare, c'est-à-dire à l'unité culturale; j'ai indiqué plus haut les résultats que cette période avait fournis.

C'est à la fin de la campagne de 1888 seulement, alors que ma confiance dans ces procédés a été bien établie, que je me suis décidé à les faire connaître, et immédiatement j'ai cherché à en faire profiter la culture française.

Un moyen essentiellement pratique s'offrait à moi pour y parvenir; parmi les variétés que j'avais cultivées dès 1885, il en était une particulièrement remarquable, qu'un cultivateur regretté, Boursier, de Compiègne, avait à peu près à la même époque que moi importée d'Allemagne, mais dont la connaissance était restée limitée à son voisinage. A cette variété on donne le nom de *Richter's Imperator;* je l'avais vue dans de bonnes conditions de

culture fournir à l'hectare 40000^{kg} et même 44000^{kg} de tubercules riches quelquefois à près de 20 pour 100 de fécule.

J'ai pensé que de si hauts rendements feraient sur l'esprit de nos cultivateurs une impression profonde, et j'ai été ainsi conduit à prendre cette variété comme type pour la vulgarisation des procédés culturaux dont l'expérience m'avait fait reconnaître l'efficacité.

Je trouvais ainsi l'avantage de faire connaître à la fois, d'un côté la meilleure variété rencontrée jusqu'à ce jour, d'un autre les procédés nécessaires à la production des hauts rendements.

Sur la récolte faite en 1888 à Joinville j'ai été autorisé par M. le Ministre de l'Agriculture à prélever 6000^{kg} de plant sélectionné par mes soins pour en confier la culture à une quarantaine d'agriculteurs répartis sur divers points de la France. Sur ces quarante cultivateurs, trente-trois ont répondu à mon appel; seize ont suivi exactement mes indications et ont vu, de ce fait, leurs rendements atteindre les chiffres élevés de 32000^{kg} à 44000^{kg} avec des richesses de 20,4 à 24,2 pour 100 de fécule.

Dix-sept au contraire ont apporté à la marche que je leur conseillais des modifications plus ou moins grandes; leurs rendements se sont abaissés à 16000^{kg} et 13300^{kg}.

A la suite de cette campagne j'ai pu, grâce à la belle récolte que j'avais moi-même obtenue à Joinville (39000^{kg} sur un hectare), faire appel en 1890 à de nouveaux collaborateurs; d'un autre côté, la variété Richter's Imperator a commencé d'être offerte comme plant à des prix acceptables par la grande culture; si bien qu'en 1890 plus de cent agriculteurs ont bien voulu, après s'être concertés avec moi, concourir à l'œuvre de régénération que j'ai entreprise.

Parmi ces collaborateurs anciens ou nouveaux, quatre-vingt-trois ont planté dans des terres fertiles; cinquante-huit d'entre eux ont suivi exactement mes indications et ont rencontré des conditions météorologiques satisfaisantes; ceux-là ont récolté de 32000^{kg} à 46000^{kg} à l'hectare; un grand nombre de ces récoltes ont été faites sur des surfaces modestes, mais plusieurs autres l'ont été sur des étendues de 1, 2, 3 et même 5 hectares; j'ai, quant à moi, obtenu à Joinville sur 1 hectare un rendement de 41500^{kg}.

Dix d'entre eux, d'autre part, et c'est là peut-être le point le plus intéressant, ont cultivé en terres médiocres ou pauvres, de troisième et de quatrième classe, d'un loyer de 15^{fr} et même 10^{fr} quelquefois à l'hectare, ils n'y ont pas moins obtenu des rendements de 25000^{kg} à 28000^{kg}.

Dès ce moment on pouvait considérer comme nettement démontrée l'ef-

ficacité des procédés culturaux que mes longues recherches m'avaient conduit à préconiser; ces procédés, il ne restait plus qu'à les vulgariser.

La vulgarisation en devait être singulièrement rapide.

Dès 1891, trois ans après la publication de mes premiers résultats, 350 cultivateurs m'offraient leurs concours et parmi ceux-ci 110 en fin de campagne m'annonçaient les résultats magnifiques auxquels leurs cultures avaient abouti; parmi eux :

59	avaient obtenu un rendement de	30 000 à 35 000^{kg}	
21	»	35 000 à 40 000	
16	»	40 000 à 45 000	
14	»	45 000 à 50 000	et au-dessus
110			

et aux tubercules ainsi récoltés, l'analyse me faisait reconnaître une richesse moyenne de 20 pour 100 de fécule anhydre.

C'est en terres fertiles que ces cultures avaient été conduites; en terres pauvres, les mêmes procédés culturaux permettent d'obtenir encore de 19000^{kg} à 25000^{kg} à l'hectare.

Tandis que chez tous ceux de mes collaborateurs qui avaient négligé de suivre quelqu'une de mes indications, le rendement se montrait inférieur de 10000^{kg}, 15000^{kg} quelquefois à celui des cultures rationnelles.

Beaucoup d'ailleurs, parmi ces collaborateurs, avaient fait sur divers points spéciaux des essais comparatifs qui venaient confirmer de la façon la plus nette les résultats de mes propres travaux.

Les progrès constatés en 1891 ne devaient pas s'arrêter; en 1892 ils devaient être plus grands encore.

Non seulement, en effet, le nombre de mes collaborateurs devait croître pour cette campagne, mais les surfaces cultivées par eux devaient acquérir une importance considérable.

C'est à six cents environ que ce nombre s'est élevé, et, parmi eux, il en est qui ont pu montrer au monde agricole des champs de pommes de terre s'étendant, d'un seul tenant, sur 30, 40 et même sur 56 hectares.

Sur ces grandes cultures, on a vu d'ailleurs les rendements atteindre 36000^{kg} à l'hectare en moyenne et quelquefois s'élever jusqu'à 40000^{kg} et 45000^{kg}.

Ce sont là des résultats inespérés; au prix normal de 3^{fr},50 le quintal, en effet, ils représentent à l'hectare une recette de 1225^{fr} environ pour

une dépense culturale de 600^fr à 700^fr, c'est donc un bénéfice de 600^fr à l'hectare environ qu'ils apportent au cultivateur.

Au début de mes recherches, mon ambition était d'amener nos cultivateurs à une production comparable à celle de l'Allemagne ; cette production, nous l'avons aujourd'hui dépassée; la supériorité de notre culture de pommes de terre est établie par la grande pratique.

C'est une conquête de plus à ajouter à celles dont la Science a, de nos jours, enrichi l'Agriculture.

XVI. — Emploi des bouillies cuivriques contre la maladie de la pomme de terre.

Améliorer la culture de la pomme de terre en France, élever ses rendements dans une proportion qui la rende particulièrement rémunératrice est chose aujourd'hui facile, je crois l'avoir démontré par mes recherches.

Mais, quel que soit le perfectionnement des procédés actuels, l'abondance de la récolte n'en reste pas moins sous la dépendance absolue d'un fait calamiteux qui, depuis 1845, a bien des fois détruit les plus belles espérances des cultivateurs de pommes de terre. Ce fait, c'est le développement fréquent, dans nombre de régions de notre pays, du cryptogame parasite que du Bary a désigné sous le nom de *Phytophtora infestans* et auquel d'habitude nous donnons plus simplement le nom de *maladie* de la pomme de terre.

Les récoltes de l'apparence la plus belle peuvent, du fait de ce parasitisme, être, en quelques jours, entièrement perdues pour l'agriculteur.

Aussi, dès qu'on a su, par l'emploi des sels de cuivre, enrayer la marche du Mildew, c'est-à-dire du *Peronospora viticola*, dont l'analogie avec le *Phytophtora infestans* de la pomme de terre est si grande, l'idée s'est-elle présentée d'appliquer le même remède à la destruction de la maladie de la pomme de terre.

C'est à M. Joüet (1885) qu'on doit la première idée de cette application; M. Prillieux, en 1888, a montré, par une expérience faite sur une dizaine de pieds, à quel degré elle pouvait être efficace.

Cete expérience, malgré sa netteté, n'était pas suffisante cependant pour porter la conviction dans l'esprit de nos cultivateurs; c'était chose nécessaire que de réunir pour eux des données numériques fournies par des cultures déjà importantes. C'est ce que j'ai fait en 1889 et en 1890.

En diverses localités, j'ai, sur un même champ de pommes de terre, ar-

rosé de bouillie bordelaise à 3 pour 100 de sulfate de cuivre la moitié de la culture, en laissant l'autre moitié sans traitement, pour servir de témoin.

J'ai reconnu ainsi, non seulement l'efficacité du traitement au point de vue de la diminution du nombre des tubercules malades, mais encore j'ai reconnu ce fait considérable, et qui jusqu'ici n'avait pas été remarqué, que du fait du traitement le rendement normal augmente souvent dans une grande proportion.

J'ai établi, en outre, quels étaient les frais du traitement et démontré, par la comparaison entre la dépense et le produit, combien est grand le bénéfice que procure le traitement des cultures menacées par la maladie.

A partir de ce moment, l'emploi des bouillies cuivriques contre la maladie de la pomme de terre s'est rapidement répandu ; il est aujourd'hui d'un usage courant et la *pulvérisation* de la pomme de terre est devenue aujourd'hui aussi générale que la *pulvérisation* de la vigne.

Aussi, a-t-on vu bientôt le nombre des formules proposées pour la confection du remède devenir tel qu'en face de ces formules diverses le cultivateur devait nécessairement se trouver embarrassé.

Pour l'éclairer au sujet de la valeur des diverses compositions qui lui étaient ainsi offertes, j'ai cherché, en 1891 et à l'aide de procédés nouveaux, à déterminer l'énergie avec laquelle les plus importantes d'entre elles adhèrent aux feuilles de la pomme de terre lorsqu'elles ont été pulvérisées à sa surface.

Des pieds de pomme de terre arrosés à l'aide de six compositions différentes, abandonnés ensuite quelques jours à la dessiccation, ont été, dans des conditions diverses, mais soigneusement calculées, soumises à l'action de pluies artificielles : pluies d'orage, pluies moyennes, pluies fines longtemps prolongées; puis, après dessiccation, on a dans les feuilles de chaque pied dosé le cuivre qui, malgré la pluie, y était resté adhérent.

J'ai pu ainsi dresser une échelle d'adhérences et par suite d'efficacité des diverses bouillies, aux premiers degrés de laquelle sont venues se placer la bouillie sucrée conseillée par M. Michel Perret et la bouillie au carbonate de soude usitée dans l'Est de la France.

XVII. — Application des pommes de terre à grand rendement et à grande richesse à la distillerie agricole en France.

C'est à l'aide de la pomme de terre qu'en Allemagne l'alcool est presque exclusivement fabriqué ; en France, en dehors de l'alcool de vin si rare au-

jourd'hui, c'est à l'aide du maïs, des betteraves, des mélasses; la pomme de terre, sauf de rares tentatives qui, d'ailleurs, n'ont pas été très heureuses, n'est pas entrée jusqu'ici dans nos distilleries.

J'ai voulu démontrer qu'il était possible, au grand avantage de l'agriculture française, de modifier cette situation; pour que cette démonstration fût accueillie avec confiance, pour éclairer nos cultivateurs sur les avantages économiques de l'application de nos pommes de terre riches à la distillerie agricole, il était nécessaire de soumettre dans une ferme française la distillation de la pomme de terre au contrôle scientifique.

C'est ce que j'ai pu faire en 1890, grâce à la collaboration de deux distillateurs qui, libéralement, ont bien voulu mettre leurs usines à ma disposition.

Au printemps dernier, 80 000^{kg} de pommes de terre ont été, en deux mois, distillées chez M. Ch. Michon, de Crépy-en-Valois; les tubercules employés n'étaient que de la variété *Chardon*, contenant à peine 16 pour 100 de fécule, et cependant le rendement a été de 11^{lit},2 d'alcool pour 100^{kg} de pommes de terre.

Au début de cette même campagne, un travail analogue a été fait chez M. Maquet, de Fère-Champenoise, avec de la pomme de terre *Richter's Imperator*, riche à 21 pour 100 de fécule, et le rendement a été de 14^{lit},33 d'alcool; pour obtenir un chiffre aussi élevé, il ne faudrait pas moins de 40^{kg} de maïs ou 250^{kg} de betteraves.

En admettant une récolte de 30 000^{kg} seulement de ces pommes de terre à l'hectare, c'est pour cette surface une production de 4300^{lit} d'alcool. Jamais semblable résultat agricole n'avait été obtenu.

L'opinion qui faisait considérer comme impossible le succès en France de la distillerie agricole de pommes de terre a dû, à partir du moment où j'ai fait connaître ces résultats, être regardée comme un préjugé.

Aussi a-t-on vu bientôt un certain nombre de cultivateurs et d'industriels, suivant l'exemple de MM. Maquet et Michon, introduire soit à la ferme, soit à l'usine, l'industrie de la distillation de la pomme de terre.

Les flegmes ainsi obtenus se sont montrés d'une rectification facile et les alcools rectifiés qu'ils ont fournis ont bientôt fait prime sur le marché.

Les drèches et les vinasses laissées par la distillation ont été recherchées pour l'alimentation du bétail, et l'expérience a montré qu'elles constituaient un fourrage excellent.

Dès la campagne dernière, on comptait en France dix distilleries de pommes de terre, et leur production en alcool absolu s'élevait à 20 000^{hlit}

environ, c'est-à-dire au centième de la production totale de la France en alcool.

C'est donc un fait pratiquement établi aujourd'hui : du fait des belles récoltes qu'assurent à la culture de la pomme de terre dans notre pays les procédés que j'ai fait connaître et les variétés à grand rendement et à grande richesse dont j'ai préconisé l'emploi, la distillerie française et la distillerie agricole particulièrement sont aujourd'hui en possession d'une matière première égale et même supérieure à celle qui a donné à la distillerie agricole allemande une si grande situation, à celle qu'on doit considérer comme l'agent principal de l'amélioration des terres pauvres de certaines parties de l'Allemagne.

RECHERCHES SUR LES VINS.

XVIII. — Des vins de marc, leurs propriétés et leur composition.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. XCV, p. 185.

On sait dans quelles proportions les ravages du phylloxera avaient, dès 1880, réduit l'importance de la production viticole française. En maintes régions le vin manquait, et la privation de cette boisson se faisait cruellement sentir, surtout chez les vignerons, dont les maigres produits devaient tous aller à la vente sans qu'il leur fût permis d'en conserver la plus petite quantité pour leur consommation.

Pour combler le déficit, on eut alors l'idée de recourir à la méthode de Petiot, et de demander au sucre fabriqué l'alcool nécessaire à la production d'une boisson alcoolique.

Parmi les divers procédés à l'aide desquels une boisson de cette sorte pouvait être obtenue, le plus simple, à coup sûr, est celui qui consiste à reprendre soit dans la cuve, soit sous le pressoir, le marc de la vendange, à le recouvrir d'eau sucrée et à abandonner le mélange à la vinification.

Depuis longtemps on prépare de ces vins en France, et on les désigne sous les noms de *vins de deuxième cuvée, vins de sucre, vins d'eau sucrée,* etc.

En l'état actuel de nos vignobles, en face des désastres causés par le phylloxera, la production des vins de cette sorte ne saurait qu'être encouragée, à la condition, bien entendu, que sur le marché ils se présentent avec leur physionomie et leur composition normales.

Cette physionomie et cette composition, cependant, nous ne les connaissions pas il y a quelques années.

J'ai pensé rendre service à la viticulture en comblant cette lacune et je me suis proposé d'établir les caractères, la composition, la valeur de ces boissons en comparaison avec les qualités des vins de vendange ordinaires.

Pour donner à ces recherches la précision qu'exigeait l'importance de la question, j'ai voulu préparer moi-même les vins que je me proposais d'étudier; j'ai fait venir du Bordelais, de la Bourgogne, de l'Hérault, du Cher, de l'Isère, des marcs noyés encore dans le vin de la première cuvée; j'ai recueilli ces vins et j'ai eu ainsi entre les mains les types d'origine certaine auxquels je devais plus tard comparer les vins fournis par la fermentation du sucre.

Puis les marcs ont été délayés dans de l'eau sucrée, contenant 180^{gr} de sucre par litre, correspondant par conséquent à la production de 10° d'alcool environ.

Fermentés dans de bonnes conditions, ces vins ont été décuvés avec soin, soutirés deux ou trois mois après leur préparation et enfin analysés comparativement avec les vins de la première cuvée.

J'ai ainsi reconnu qu'à ces vins, auxquels, à mon avis, il convient, pour éviter toute confusion, de donner le nom de *vins de marc,* appartient, en général, une composition régulièrement dépendante de la composition des vins ordinaires de même origine; qu'à cette composition on voit les matières dissoutes, le tartre, le tannin, la matière colorante même intervenir pour des proportions toujours comprises entre 50 et 75 pour 100 des proportions pour lesquelles ces matières interviennent à la composition des vins ordinaires.

J'ai pu établir enfin que les vins obtenus par la fermentation du sucre en présence des marcs de vendange ont une composition assez régulière pour qu'on puisse, en les comparant surtout aux vins de vendange de même origine, les considérer comme un produit commercial défini; que la composition de ces vins leur assigne des qualités alimentaires et hygiéniques équivalentes aux deux tiers, à la moitié dans les cas les plus défavorables, des qualités des vins ordinaires; que cette composition est telle enfin que, préparés avec soin à la richesse de 9 à 10 pour 100 d'alcool, ces vins de marc constituent une boisson éminemment utile et recommandable.

Les résultats que j'ai ainsi fait connaître ont déterminé nombre de viticulteurs à faire entrer la préparation des vins de marc dans leur pratique normale. Aujourd'hui, par exemple, c'est une coutume, dans beaucoup de

crus du Bordelais, que de réserver à la vente les vins de première cuvée et de fournir aux vignerons les vins obtenus par l'addition de l'eau sucrée sur le marc.

Des quantités considérables de sucre sont aujourd'hui, en France, consacrées à la préparation de ces vins.

XIX. — Détermination des quantités de tannin contenues dans les vins

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. XCV, p. 227.

Parmi les éléments utiles qui interviennent à la composition des vins, il faut compter les matières astringentes et particulièrement le tannin.

Cependant l'évaluation du taux de ces matières astringentes présente de telles difficultés, que rarement un peut avoir confiance aux résultats que cette évaluation fournit.

Des procédés nombreux ont été proposés, il est vrai, pour en effectuer le dosage, mais tous (la plupart des chimistes sont d'accord sur ce point) présentent de grandes incertitudes.

J'ai cherché, en utilisant la propriété bien connue que les matières astringentes de toutes sortes possèdent de se fixer sur les membranes animales, à combiner un procédé qui offrît, à ce propos, une garantie sérieuse. C'est par le choix approprié de la membrane destinée à fixer les matières astringentes que j'ai pu réussir.

Cette membrane, c'est aux boyaux de mouton que l'industrie prépare avec tant de soin, pour la fabrication des cordes harmoniques, que je l'ai demandée. Minces, dégraissés soigneusement par un raclage mécanique, blanchis par un traitement au permanganate de potasse et à l'acide sulfureux, les boyaux de mouton, quand ils ont été bien lavés à la suite de ces traitements, constituent, par leur pureté, comme aussi par leur état physique, un subjectile particulièrement convenable pour la fixation des matières astringentes.

Pris, en effet, à l'état de cordes blanchies, mais non huilées (*ré* de violon), gonflés d'abord par l'eau et déroulés, immergés ensuite dans le vin à essayer, les boyaux de mouton absorbent avec facilité, en se colorant fortement, les divers principes astringents que le vin contient, tandis que dans le liquide décoloré, privé d'œnotannin, restent inaltérés tous les autres éléments : alcool, glycérine, acide succinique, crème de tartre, gomme, etc.

De telle sorte qu'il devint aisé, en opérant sur une quantité de cordes pesée, en laissant celles-ci séjourner vingt-quatre heures dans le vin, les lavant soigneusement et les séchant enfin à 100°, de déterminer par la différence des poids la quantité de matières astringentes et colorantes que le vin leur a abandonnées.

Des expériences répétées sur un grand nombre de vins m'ont permis de reconnaître à ce procédé une grande simplicité d'exécution, en même temps qu'une précision supérieure à celle des procédés proposés jusqu'ici pour atteindre le même but.

Plusieurs expérimentateurs l'ont aujourd'hui adopté pour leurs études sur les vins.

XX. — Transformation en engrais des cadavres d'animaux morts à la ferme. Destruction des germes contagieux.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. XCVII, p. 74, 9 juillet 1883.
Bulletin de la Société nationale d'Agriculture, juillet 1883.

Les cadavres des animaux morts de maladies contagieuses et notamment du charbon sont devenus aujourd'hui pour l'agriculture la source d'embarras sérieux et d'inquiétudes justifiées. Depuis, en effet, que M. Pasteur nous a appris combien est grande la vitalité des spores de la bactéridie charbonneuse, depuis qu'il nous a montré les lombrics ramenant incessamment des profondeurs du sol ces spores prêts à se développer, il a fallu renoncer au procédé si simple de l'enfouissement que jusqu'alors on avait considéré comme efficace.

Divers procédés ont été conseillés alors pour détruire ces cadavres, ou tout au moins pour les rendre inoffensifs : la combustion, la cuisson avec de l'eau, etc.; aucun de ces procédés, cependant, n'a paru exempt d'incertitudes.

C'est alors que je me suis attaché à rechercher un procédé qui, n'admettant aucune transaction, d'une part assurât nécessairement la destruction des germes de maladie, d'une autre permît de retirer des cadavres des animaux un parti, modeste il est vrai, mais digne d'attention cependant.

Ce procédé, je l'ai trouvé dans l'emploi de l'acide sulfurique.

J'ai reconnu par l'expérience que, à la température ordinaire et sans recourir à aucune manipulation compliquée, on peut dissoudre dans l'acide sulfurique moyennement concentré les cadavres des animaux avec une

facilité que l'on ne soupçonnait pas; immergé, par exemple, dans l'acide sulfurique à 60°, le cadavre d'un mouton disparaît complètement en quarante-huit heures; la chair, les os, la laine même, tout est entré en dissolution. L'action dissolvante de l'acide sulfurique est, d'ailleurs, loin d'être épuisée encore, et de nouveaux cadavres d'animaux peuvent, jusqu'à ce que la densité de l'acide se soit abaissée à 40°, venir s'y dissoudre à la suite du premier.

La dissolution des cadavres d'animaux au moyen de l'acide sulfurique froid est donc une opération des plus faciles. Cette dissolution, ainsi qu'on pouvait le prévoir, a, d'ailleurs, pour conséquence la destruction totale des germes de bactéridie charbonneuse, ainsi que l'a reconnu M. Roux dans le laboratoire de M. Pasteur.

Ce fait acquis, j'ai pu combiner des dispositions simples, aisément réalisables à la ferme et applicables non seulement à la destruction des cadavres des animaux morts de maladies contagieuses, mais encore à la dissolution et à la transformation, en engrais, des cadavres des animaux morts de maladies ordinaires ou abattus à la suite d'accidents.

C'est à la ferme de la Faisanderie, à Joinville-le-Pont, que ce procédé a été d'abord mis en pratique; et pour en faire apprécier la valeur pratique, je me contenterai de rappeler que, dans une première application, une cuve de 320^{kg} d'acide sulfurique à 60° a suffi pour dissoudre les cadavres de neuf moutons pesant, au total, 214^{kg}.

Transformer en engrais le sirop azoto-phosphaté fourni par cette dissolution était d'ailleurs chose facile. Mis en contact avec des phosphates naturels moulus, il a fourni des superphosphates azotés dont la production est trop simple pour que je m'y arrête.

Ce procédé de destruction des cadavres des animaux morts à la ferme, soit de maladies contagieuses, soit de maladies ordinaires, est aujourd'hui passé dans la pratique agricole et l'on compte, en France, un certain nombre d'ateliers dans lesquels il est appliqué non seulement aux animaux morts sur l'exploitation, mais encore à ceux dont les cadavres sont apportés par les propriétaires des exploitations voisines.

RECHERCHES TECHNOLOGIQUES ET LEURS APPLICATIONS.

XXI. — Étude sur les marais salants et l'industrie saunière du Portugal.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. LXXIV, p. 1195, 29 avril 1872.
Annales du Conservatoire des Arts et Métiers, 1872.

La population côtière du Portugal est à la fois agricole et saunière; favorisée par la température élevée et par les vents secs du nord-est qui règnent sur les bords de l'Océan, elle produit, chaque année, en même temps que ses récoltes en céréales et en vins, une masse énorme de sel marin. C'est à 250 000 tonnes qu'est évaluée la production annuelle de ce sel renommé, dont les deux tiers au moins sont recherchés par les pêcheurs et les saleurs de viande du Brésil, de la Russie, de l'Angleterre, de la Hollande, de la Suède, etc.

L'industrie saunière est, dans ce pays, groupée autour de quatre centres principaux : Setubal, Lisbonne, Aveiro et les Algarves. Dans les trois premiers de ces districts, j'ai, en les parcourant en 1865, rencontré des procédés particuliers et dignes de remarque, procédés dont l'analyse est devenue le point de départ de cette étude.

Rien, par exemple, ne semble plus bizarre, au premier abord, que la marche suivie par les paludiers de Setubal; elle est, en apparence, d'une grossièreté singulière et les produits semblent devoir être d'une qualité très inférieure; il faut, au contraire, les compter parmi les meilleurs.

Qu'on imagine une vaste cuvette de 1 ou 2 hectares environ, divisée en carrés égaux, isolés les uns des autres par des chemins ne communiquant qu'avec un grand réservoir chargé d'emmagasiner l'eau de la mer, et l'on aura la représentation exacte d'un salin de Setubal. Chacun des carrés de ce salin a la même fonction; l'eau de mer y arrive directement du réservoir, s'y évapore, et sur le carré même dépose le sel qu'elle renfermait, sans avoir, comme cela a lieu sur les marais salants de notre pays, parcouru pour se concentrer et se purifier une série de pièces préparatoires.

A l'automne, lorsque la saunaison est finie, sans renvoyer à la mer les eaux magnésiennes laissées par la récolte de l'année, on recouvre le marais entier de $0^m,50$ à $0^m,60$ d'eau prise directement à la mer. Au printemps suivant et même déjà pendant l'hiver, cette eau s'évapore ; vers le milieu de juin, sous l'action de la haute température et des vents secs de nord-est qui, à cette époque, règnent en Portugal, l'évaporation devient très rapide ; vingt jours suffisent, en général, à la compléter, et l'on trouve alors sur chaque carré une masse saline de $0^m,04$ à $0^m,05$ d'épaisseur, presque sèche, à peine mouillée d'une petite quantité d'eau mère : c'est la première récolte ; une deuxième, une troisième quelquefois lui succèdent dans les mêmes conditions, et, en fin de compte, vers la fin de septembre, sans évacuer les eaux mères, on inonde le marais pour l'hiver.

Les choses se renouvellent ainsi chaque année, et, par suite, il semble *a priori* que les sels de Setubal doivent se présenter en un grand état d'impureté. Il n'en est rien, cependant, et leur analyse m'a démontré que ces sels, ceux de la première récolte surtout, étaient, en qualité, comparables aux plus beaux sels de nos salins de la Méditerranée.

Cette pureté, étant donnée la marche anormale en apparence de la fabrication, serait inexplicable si les salins de Setubal n'étaient, en réalité, le lieu de remarquables phénomènes osmotiques que j'ai été assez heureux pour découvrir.

Sur le fond de ces salins s'étend, comme sur le fond de quelques-uns de nos salins français, un feutre épais de conferves, qui, agissant comme un dialyseur, détermine, pendant l'hiver surtout, l'évacuation par voie souterraine des composés magnésiens.

Je l'ai vérifié par l'expérience directe en constatant qu'à travers ces feutres, déposés sur une couche de sable fin, le chlorure de magnésium se dialyse avec beaucoup plus de rapidité que le chlorure de sodium.

Dans les singuliers procédés suivis à Setubal, on peut donc admettre que la saunaison est précédée par une épuration spontanée des eaux, qui, sous l'action dialytique du feutre dont est recouvert le marais, se débarrassent, surtout pendant la saison hivernale, d'une grande partie des sels magnésiens qu'elles renferment.

Le procédé suivi sur les marais de Lisbonne est une sorte de compromis entre le procédé de nos salins de la Méditerranée et le procédé de Setubal ; le procédé suivi à Aveiro n'est autre que celui de nos marais de l'Ouest, très soigné et habilement mis en œuvre.

Chacun de ces procédés offre cependant certaines particularités inatten-

dues que j'ai signalées dans le Mémoire que j'ai présenté à l'Académie des Sciences en 1872; chacun d'eux fournit des sels de qualité spéciale; des échantillons nombreux de ces produits ont été recueillis avec soin par moi-même, sur les marais salants de Setubal, d'Aveiro, de Lisbonne, rapportés à Paris et enfin étudiés dans mon laboratoire. J'ai pu ainsi mettre leur composition en parallèle avec la composition des sels français, et montrer notamment pourquoi les saleurs de poissons du Nord préfèrent aller charger le sel nécessaire à leurs pêches sur les côtes portugaises plutôt que sur les côtes de notre Bretagne et de notre Vendée.

A ces documents scientifiques et industriels, j'ai pu joindre enfin, grâce au concours des négociants et des administrateurs portugais, des documents commerciaux inédits, et comparer la production et le commerce du sel en Portugal à la production et au commerce du même produit dans notre pays.

XXII. — Transformation des fibres végétales sous l'influence des acides. Hydrocelluloses friables et pyroxyles pulvérulents.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. LXXXI, p. 1105, 6 décembre 1875; t. LXXXVIII, p. 1322, 23 juin 1879; t. LXXXIX, p. 170, 21 juillet 1879. — Annales de Chimie et de Physique, t. XXIV; 1881.

Des faits industriels nombreux, des faits d'économie domestique également avaient depuis longtemps appelé l'attention sur une transformation singulière des matières cellulosiques et particulièrement des fibres végétales employées à la fabrication des tissus, du papier, etc.

En maintes et maintes circonstances, on était habitué à voir ces fibres, perdant leur solidité native, devenir cassantes et même, en certains cas, friables. A ce phénomène remarquable on n'avait pas, jusqu'à ces derniers temps, cherché d'explication scientifique, et chacun se contentait, répétant une expression populaire, de dire que le linge ou le papier étaient brûlés.

Cependant cette transformation remarquable des matières cellulosiques était devenue le point de départ d'applications industrielles inattendues; des praticiens ingénieux y avaient eu recours pour débarrasser les draps des matières végétales que la laine des moutons y avait apportées : on s'en servait pour la séparation de la toile et de la laine contenues dans les chiffons mélangés, etc.

En présence de ces applications importantes, il m'a semblé utile de rechercher l'explication de cette transformation des matières cellulosiques.

Cette explication, j'ai été assez heureux pour la rencontrer, et j'ai démontré que si la cellulose, en certaines circonstances, devient cassante et même friable, il en faut chercher la cause, non pas, comme beaucoup l'avaient cru jusqu'alors, dans un phénomène d'oxydation, mais dans un phénomène d'hydratation.

Soumise à l'action d'agents nombreux et divers, la cellulose fixe une molécule d'eau et, préalablement à sa saccharification, avant de se transformer en glucose, donne naissance à un composé nouveau que, à cause de son origine, j'ai appelé *hydrocellulose*.

Les caractères de l'hydrocellulose sont remarquables, et le principal d'entre eux réside dans sa friabilité; froissée entre les doigts, elle s'émiette aussitôt et, sous le pilon, on peut l'amener à une finesse telle que les fragments mesurent moins de $\frac{1}{100}$ de millimètre. Cette divisibilité extrême de l'hydrocellulose est mise en évidence par les vues micro-photographiques jointes au Mémoire que j'ai publié dans les *Annales de Chimie et de Physique* sur ce produit.

L'hydrocellulose peut être obtenue par des moyens variés : l'immersion à froid dans les acides moyennement concentrés; l'exposition aux vapeurs acides à froid également; l'immersion dans une solution acide faible, à 3 pour 100 par exemple, suivie soit d'un chauffage à 50°, soit d'un abandon prolongé à la température ordinaire; le contact avec nombre de sels à réaction acide, l'influence même dans certaines conditions des acides organiques suffisent à déterminer la transformation en hydrocellulose friable de la cellulose, quel que soit l'état d'agrégation ou l'origine de celle-ci.

Les fibres isolées ou les tissus de coton, de lin, de chanvre, etc., les papiers de toute nature, le bois, les celluloses compactes comme le phytéléphas, ou poreuses comme la moelle de sureau, subissent toutes et dans les mêmes circonstances une même transformation.

Je n'insisterai pas sur les diverses propriétés que l'étude de l'hydrocellulose m'a permis de reconnaître à ce produit; il en est une cependant dont l'importance est trop grande pour que je ne la rappelle pas.

Traitée par le mélange azotosulfurique, à l'aide duquel on obtient la nitrification de la cellulose et la production des pyroxyles, l'hydrocellulose se nitrifie également et, elle aussi, donne naissance à des pyroxyles. Mais ceux-ci, conservant alors le caractère essentiel à l'hydrocellulose, se montrent, comme elle, friables et capables d'être réduits en poudre d'une ténuité pour ainsi dire sans limites.

Aux pyroxyles d'hydrocellulose, j'ai reconnu une composition identique

à celle des pyroxyles ordinaires. Comme ceux-ci, ils peuvent être obtenus à des degrés de nitrification différents et, par conséquent, posséder des propriétés différentes aussi. Les uns sont explosifs et insolubles dans l'éther alcoolisé; les autres sont, au contraire, solubles dans ce mélange, mais n'ont qu'à un faible degré le caractère de substance explosive.

La friabilité de ces pyroxyles, et surtout celle des pyroxyles explosifs, a permis de les obtenir aisément à l'état de poudre véritable.

La formation de l'hydrocellulose m'a conduit à expliquer tous ces faits d'altération des tissus, du papier, etc., que les travaux industriels ou l'usage journalier nous permettent de constater si souvent. J'ai montré, en effet, comment un blanchiment exagéré, suivi de lavages imparfaits, comment l'emploi au blanchissage de quantités excessives de chlorure décolorant, comment le contact avec les acides, etc., peuvent déterminer l'hydratation première de la cellulose et la transformer en hydrocellulose friable.

Sur les propriétés de cette hydrocellulose, divers industriels ont basé déjà des applications intéressantes : c'est ainsi qu'on a pu, dans la fabrication des papiers veloutés, substituer aux tontisses de laine de la poussière de coton; qu'on a pu, en transformant la surface seulement des fibres végétales, leur communiquer la propriété de se teindre en certaines couleurs; qu'on a pu, en utilisant les propriétés adhésives de l'hydrocellulose fraîchement préparée, la transformer en masses compactes susceptibles d'être moulées et découpées, etc.

Quant aux pyroxyles friables, ils sont devenus, entre les mains de l'artillerie française, l'objet d'applications sur lesquelles je ne dois m'exprimer qu'avec réserve et ont rendu ainsi à l'art de la guerre des services que la Commission des substances explosives, présidée par M. Berthelot, a officiellement constatés.

RECHERCHES RELATIVES A LA FABRICATION DU PAPIER.

XXIII. — Étude micrographique de la formation du papier.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. LXXX, p. 629, 19 mars 1875.

L'introduction dans la composition des pâtes à papier de fibres autres que celles fournies par les chiffons ordinaires impose souvent aux produits fabriqués des qualités spéciales ou des défauts particuliers.

Aussi est-ce, pour le fabricant soigneux qui achète des pâtes toutes préparées, une question très importante que d'être renseigné sur l'origine et la nature des fibres dont sont faites les pâtes qu'il reçoit : c'est au microscope seulement qu'il peut trouver les renseignements qui, sur ce point, l'intéressent; et c'est pour lui faciliter la recherche de ces renseignements que j'ai entrepris l'étude micrographique de la fabrication du papier.

J'ai déterminé, sous le microscope, la forme, les dimensions, les caractères particuliers de chacune des fibres principales que le fabricant de papier peut faire concourir à la composition de ses pâtes; puis, pour fixer les résultats obtenus, je les ai, sous le microscope même, reproduits par la photographie (¹).

Enfin, j'ai pu préciser les conditions que doit remplir une *fibre papetière* de bonne qualité.

1° On se préoccupe beaucoup, en général, de la longueur des fibres destinées à la fabrication du papier; cette préoccupation n'a pas de raison d'être. La pâte finie, en effet, raffinée, est formée de tronçons mesurant tantôt $\frac{3}{10}$ à $\frac{5}{10}$ de millimètre, c'est le raffiné court; tantôt 1^{mm} à $1^{mm},5$, c'est le raffiné long. Rarement cette longueur est dépassée. Or, il n'est aucune fibre végétale dont la longueur ne soit au moins égale à celle que je viens d'indiquer; toutes les fibres végétales sont donc assez longues pour fournir du papier.

2° Mais une considération extrêmement importante, c'est que la fibre soit mince, allongée; que le rapport de sa longueur à son diamètre, en un mot, soit considérable. Ce rapport, dans la fibre recoupée et roulée à la raffineuse, doit être de 50 au minimum.

3° La fibre doit, en outre, être élastique, et enfin elle doit pouvoir se contourner sur elle-même avec facilité; c'est à ce prix seulement que le feutrage donne à la feuille de la solidité.

4° Par contre, la ténacité de la fibre dont on se préoccupe souvent n'a qu'une importance secondaire. Lorsqu'une feuille de papier se déchire, en effet, les fibres ne se rompent presque jamais; elles échappent entières en glissant entre leurs voisines.

Ces principes posés, je me suis attaché à classer par groupes d'analogues

(¹) Un album contenant les vues ainsi obtenues à l'agrandissement de 55 diamètres a été offert, par moi, à l'Académie des Sciences.

les principales fibres végétales utilisées pour la fabrication du papier, et j'ai ainsi obtenu cinq groupes, comprenant les fibres suivantes :

1° *Fibres rondes franchement nervurées :* chanvre et lin ;

2° *Fibres rondes lisses ou faiblement nervurées :* sparte, jute, phormium, houblon, canne à sucre ;

3° *Matières fibro-cellulcuses :* paille, bambou ;

4° *Fibres plates :* coton, cellulose de bois ;

5° *Matières imparfaites :* bois moulu.

L'emploi de cette dernière matière, si répandu aujourd'hui, a pour effet d'abaisser la qualité du papier ; les pâtes, en effet, fournies par la mouture du bois sont composées, non pas de fibres élastiques, mais de fragments sans souplesse, quelquefois absolument rigides, incapables de se contourner et de donner, par conséquent, un feutrage satisfaisant.

XXIV. — Sur l'emploi en papeterie des pâtes succédanées du chiffon.

Rapport sur l'Exposition universelle de Londres en 1872. — Communications faites au Cercle de la Librairie, mars 1874.

Jusqu'en 1872, la papeterie française n'employait, comme succédané du chiffon, qu'une seule matière végétale, la paille. A l'étranger cependant, et notamment en Angleterre, l'emploi de l'alfa ou sparte avait, depuis quelques années, pris un énorme développement, et déjà l'on voyait l'industrie anglaise tenter l'utilisation des fibres de cellulose pure, obtenues en décreusant le bois à 180° par la soude caustique à 10 pour 100.

Pour éclairer nos manufacturiers sur les services que pouvait rendre l'introduction de ces succédanés et de quelques autres encore dans la composition de leurs pâtes, je suis allé en Angleterre étudier sur place la fabrication et l'emploi des matières nouvelles mises à la disposition de l'industrie papetière ; les données que j'ai pu ainsi recueillir, mises par mes publications à la disposition des fabricants français, ont été, depuis, utilisées par eux dans de vastes proportions ; elles ont contribué à la transformation moderne de la fabrication du papier dans notre pays.

C'est à la même époque que j'ai cru devoir appeler l'attention des consommateurs français, et notamment des éditeurs, sur l'infériorité communiquée à nos papiers par l'emploi exagéré des matières non fibreuses, les unes végétales comme le bois moulu, les autres minérales comme le kaolin, le plâtre, le sulfate de baryte, etc., matières dont l'introduction n'a pour but

que de charger le papier, pour résultat que de lui enlever sa souplesse et sa solidité.

J'ai mis alors à la disposition du commerce de la papeterie des procédés analytiques très simples pour recnnnaître la nature de la charge et pour en apprécier l'importance. Ces procédés se sont vulgarisés et ont rendu à nos éditeurs des services sérieux.

XXV. — Étude des pyrites employées, en France, à la fabrication de l'acide sulfurique.

(En commun avec M. H. Morin.)

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. LXXXI, p. 190, 26 juillet 1875.
Annales de Chimie et de Physique, 5e série, t. VII, 1876.

Le soufre, on le sait, a aujourd'hui complètement disparu de nos fabriques d'acide sulfurique; les pyrites ou sulfures de fer, dont M. Michel Perret a su le premier diriger la combustion, l'ont partout remplacé.

Pour se procurer les minerais sulfurés que son industrie chimique réclame, chaque pays manufacturier s'adresse à des gisements différents. L'Angleterre, dont les fabriques en consomment plus de 520 000 tonnes chaque année, s'approvisionne surtout en Espagne et en Portugal; l'Allemagne brûle les pyrites de Westphalie; la France, richement dotée sous ce rapport, possède dans son sol même des gisements assez puissants pour alimenter ses usines pendant plusieurs siècles.

A l'époque où j'ai, avec la collaboration de M. H. Morin, entrepris l'étude des pyrites françaises, leur richesse et leur abondance étaient peu connues; la libéralité des Compagnies de Saint-Gobain, de Salyndres, etc., auxquelles appartiennent les principales mines d'où ces pyrites sont extraites, nous a permis de faire connaître, en détail, l'étendue et l'importance des gisements, leur situation, comme aussi la composition des produits qu'ils fournissent.

Dans les mines même, à des profondeurs variables, à tous les points remarquables, nous avons prélevé des échantillons, et de chacun de ces échantillons nous avons fait l'étude complète, nous préoccupant, pour chacun d'eux, non seulement de la teneur en élément utile, c'est-à-dire en soufre, mais encore de la proportion des éléments nuisibles aux opérations industrielles, tels que l'arsenic, le carbonate de chaux, le fluorure de calcium, etc.

Nous avons ainsi étudié, en premier lieu, le groupe si important des

mines du Rhône; situé à gauche et à dreite de la Brevenne, ce groupe comprend les gisements aujeurd'hui célèbres de Chessy et de Sain-Bel. Là, neus avens rencentré, fermant une masse cempacte et colessale, un minerai auquel sen hemegénéité relative, sa teneur en soufre, sa pauvreté en arsenic, la nature de sa gangue, enfin, assignent une valeur tout exceptionnelle, et dent la fabricatien française des preduits chimiques censemme de 120000 à 130000 tonnes chaque année. Riche habituellement à 46 et 48 pour 100 de seufre, atteignant, quelquefeis, une richesse de 50 et 53 peur 100, la pyrite de Sain-Bel deit être placée au premier rang des minerais similaires que l'en rencentre en Eurepe.

A côté des gisements du Rhône, mais avec une impertance preductive bien meindre, se présentent les mines fert intéressantes, cependant, du département du Gard.

C'est d'aberd la mine de Saint-Julien-de-Valgagnes, appartenant à la Cempagnie des preduits chimiques de Salyndres, qui chaque année livre aux usines de cette Cempagnie eu met sur le marché de 24000 à 30000 tennes d'une pyrite riche de 40 eu 45 peur 100 de seufre, mais dent la qualité, malheureusement, se treuve diminuée du fait de la présence, dans sa gangue, d'une quantité de carbenate de chaux qui, habituellement, varie de 3 à 6 pour 100.

Ce sent, ensuite, les mines du Seulier, de Saint-Flerent, etc.

En dehers du département du Gard, les pyrites du département de l'Ardèche (pyrite de Seyens) ent ensuite appelé netre attentien.

Et enfin, à l'étude des pyrites françaises brûlées chaque année dans nes fabriques de preduits chimiques, neus avens eu soin de jeindre l'étude analytique de quelques pyrites étrangères (belges et norvégiennes surteut) dent ces fabriques impertent chaque année 18000 à 20000 tonnes environ.

De ce leng travail, nous avens pu cenclure alors que la fabricatien française des produits chimiques était sûre de rencentrer chez elle, pour de lengs siècles encere, d'immenses apprevisiennements de pyrites; et que, par censéquent, les deux matières premières qu'exigent ses precédés ordinaires, le sel d'un côté, le seufre d'un autre, lui étaient à la feis assurées, sans qu'elle eût à demander à l'impertatien étrangère autre chese qu'une cencurrence leyale aux pyrites françaises, cencurrence qui maintienne celles-ci à des prix rémunérateurs peur l'expleitant, mais cependant accessibles pour le manufacturier.

La plus grande partie des pyrites françaises est, d'ailleurs, d'une qualité remarquable; les pyrites de Tarsis, de Rie-Tinto, de San-Deminges, qui

alimentent l'Angleterre, sont loin de valoir les pyrites de Sain-Bel; elles sont généralement plus arsenicales, souvent moins riches en soufre.

Et si, d'autre part, nos pyrites du Gard et de l'Ardèche ne possèdent pas une pureté aussi grande, elles se recommandent cependant par des qualités industrielles qui leur assignent, dans l'approvisionnement de nos manufactures, un rôle aussi utile qu'important.

RECHERCHES RELATIVES A L'INDUSTRIE SUCRIÈRE.

XXVI. — Sur la nature des dépôts qui se produisent dans les chaudières d'évaporation du vesou de canne à sucre.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. LV, p. 666, 27 octobre 1862.

L'évaporation des jus sucrés, et principalement celle des vesous de canne, donne lieu à des dépôts terreux, souvent cristallins et durs, qui apportent à la transmission de la chaleur un obstacle sérieux.

Quelquefois cet accident acquiert une importance considérable, et l'on voit, sous l'influence de ces dépôts, les jus rester immobiles malgré de grandes dépenses de combustible; l'enlèvement de ces dépôts, d'autre part, exige l'arrêt quelquefois prolongé de la fabrication tout entière.

Pour éviter, autant que possible, ces accidents, j'ai cherché à établir la composition de dépôts de cette sorte, récoltés dans diverses sucreries des Antilles françaises, et j'ai reconnu que, dans les anciennes plantations où l'évaporation a lieu à feu nu, où le jus n'est pas soigneusement filtré, ces dépôts sont formés par un mélange de phosphate et de sulfate de chaux, tandis que, dans les sucreries à la vapeur, ils sont dus essentiellement à la cristallisation du sulfate de chaux hydraté.

Les matières calcaires dont ces dépôts sont formés proviennent, partie du vesou, partie de la chaux madréporique employée à la défécation; pour en éviter la production, j'ai proposé le recours à une défécation supplémentaire basée sur l'addition, au vesou, d'une minime quantité de carbonate d'ammoniaque.

XXVII. — Sur le pouvoir rotatoire du sucre cristallissble et sur la prise d'essai des sucres soumis à l'analyse polarimétrique.

(En commun avec M. V. de Luynes.)

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. LXXX, p. 1354, 31 mai 1875.

L'emploi du polarimètre pour l'analyse des matières sucrées exige, comme condition première, une détermination exacte du pouvoir rotatoire du sucre pour une lumière donnée.

Jusqu'à l'époque où nous avons, M. de Luynes et moi, entrepris cette étude, cette détermination était incertaine, et incertaine à ce point qu'on voyait certains échantillons commerciaux de sucre raffiné accuser au saccharimètre une pureté de 100°,5 et même de 101°. Au moment où l'emploi de la saccharimétrie optique allait devenir la base de la perception de l'impôt sur le sucre et par conséquent aussi la base des transactions commerciales, il était nécessaire de faire disparaître cette incertitude.

C'est à quoi nous sommes parvenus, d'abord, en déterminant exactement la rotation produite, pour la lumière du gaz salé, par une plaque de quartz de 1^{mm} d'épaisseur, ensuite, en préparant des échantillons de sucre aussi purs que possible, enfin en recherchant le pouvoir rotatoire, pour la même lumière, des sucres ainsi purifiés.

Treize expériences, d'une concordance presque parfaite, nous ont permis d'attribuer au saccharose, et pour la lumière du gaz salé, un pouvoir rotatoire égal à $67°,31 = 67°18'$.

Nous avons pu, alors, fixer à $16^{gr},19$ la prise d'essai nécessaire pour l'essai saccharimétrique, prise d'essai qui jusqu'alors avait été fixée à $16^{gr},35$.

Ce chiffre, dont plusieurs savants ont, à cette époque, contrôlé l'exactitude, est depuis 1875 adopté par le Ministère des Finances pour la perception de l'impôt, et par le commerce des sucres pour ses transactions.

XXVIII. — Dosage des sucres réducteurs contenus dans les produits commerciaux.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. LXXXV, p. 800, 29 octobre 1877.

Le dosage des sucres réducteurs contenus dans les produits commerciaux, au moyen d'une solution titrée de tartrate de cuivre et de potasse, présente, en certaines circonstances, et lorsque ces produits sont fortement colorés, des difficultés sérieuses.

Pour éviter ces difficultés, j'ai proposé un procédé simple que la plupart des analystes ont adopté depuis, dans les circonstances de la nature de celles que je viens d'indiquer.

Ce procédé consiste à traiter à l'ébullition l'échantillon dissous par un grand excès de liqueur de Fehling, à recueillir et à laver rapidement à l'eau bouillante le précipité de protoxyde de cuivre, à brûler celui-ci dans une nacelle de platine, à le réduire, dans cette nacelle même, par l'hydrogène, et enfin à peser le métal.

L'emploi de ce procédé présente de grands avantages, non seulement pour l'analyse de certains produits commerciaux, mais encore pour le dosage des sucres contenus dans les liquides végétaux colorés, par exemple dans les sucs extraits des feuilles des plantes.

XXIX. — Inactivité optique des sucres réducteurs contenus dans les produits commerciaux.
(En collaboration avec M. Laborde.)

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. LXXXII, p. 219, 17 janvier 1876 et p. 417, 14 février 1876.

Deux opinions avaient cours, autrefois, au sujet de l'action que peuvent exercer, sur la lumière polarisée, les sucres réducteurs contenus dans les produits commerciaux. D'un côté, Dubrunfaut avait annoncé que cette action devait être nulle; d'un autre, beaucoup de chimistes et de manufacturiers, considérant ces sucres réducteurs comme n'étant autre chose que du sucre inverti, leur attribuaient un pouvoir rotatoire gauche égal à 0,380 du pouvoir rotatoire que le saccharose possède.

L'examen de ces deux opinions devenait nécessaire au moment où le saccharimètre allait devenir légalement l'instrument de mesure de la richesse des sucres.

Pour faire cet examen, nous avons soumis à l'analyse directe d'une part, à l'analyse polarimétrique d'une autre, des sucres de canne de provenances diverses [1], des mélasses de sucrerie exotique, des mélasses de raffinerie et enfin des mélasses de candi. Dans aucun de ces produits nous n'avons vu la présence des sucres réducteurs affecter ni en sens, ni en quantité, les indications directes du polarimètre.

Nous avons été ainsi conduits à admettre que l'opinion émise par Du-

[1] Les sucres de betterave, par suite du travail alcalin qui les fournit, ne contiennent généralement pas de sucres réducteurs et leur étude à ce point de vue était inutile.

brunfaut et mise en doute par presque tous les chimistes et les manufacturiers est exacte, et à considérer les sucres réducteurs contenus dans les produits commerciaux tirés de la canne comme n'exerçant pas d'action sensible sur la lumière polarisée et comme étant, par suite, incapables d'influencer les résultats fournis par le polarimètre pour la mesure de la richesse saccharine de ces produits.

XXX. — Transformation du saccharose en sucres réducteurs pendant les opérations du raffinage.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. LXXXIII, p. 196, 17 juillet 1876.

C'est un fait généralement admis que, au cours du raffinage des sucres de canne, on voit les sucres réducteurs exercer sur le rendement une influence fâcheuse.

Pendant longtemps on avait attribué cette influence à l'immobilisation d'une partie notable du saccharose à l'état de sirop incristallisable; mais, il y a quelques années, cette interprétation a été reconnue inexacte.

Je me suis proposé de rechercher d'abord si cette influence s'exerce réellement, ensuite quelle en est l'intensité, en dernier lieu enfin quelle en est la cause.

En maintenant à une douce chaleur, pendant des temps variant de dix-huit à trente heures, des sirops, des masses cuites, des clairces, etc., provenant du raffinage des sucres de canne, j'ai reconnu qu'en effet, dans des conditions comparables de tout point aux conditions du travail manufacturier, les sucres réducteurs exercent une influence sérieuse sur le rendement; que cette influence se manifeste aussi bien dans les milieux neutres ou alcalins que dans les milieux acides; qu'elle se traduit par la transformation d'une proportion quelquefois importante de saccharose en sucres réducteurs, et qu'enfin c'est à l'altération du glucose préexistant, à la production de l'acide glucique, qui, ainsi que l'a montré Peligot, en est la conséquence, que l'on doit attribuer cette transformation.

XXXI. — Sur la fabrication de la bière en Autriche.

Rapport sur l'Exposition universelle de Vienne en 1873.

Les bières autrichiennes jouissent, et avec raison, d'une réputation européenne; les procédés à l'aide desquels elles sont fabriquées étaient à peu près inconnus en France il y a vingt ans.

Au cours d'une mission qui m'avait été confiée par M. le Ministre de l'Agriculture et du Commerce, à la suite de l'Exposition universelle de Vienne en 1873, j'ai été admis à étudier et à suivre, dans diverses brasseries, la fabrication des bières de cette sorte, et j'ai pu ainsi, d'une part, établir que la supériorité des bières fabriquées aux environs de Vienne, à Liesing, à Saint-Marx, à Pilsen, etc., est due à l'accord parfait entre les procédés employés par la brasserie autrichienne et les principes de la fermentation du moût d'orge, tels que M. Pasteur les a posés en 1870; d'une autre, mettre à la disposition de notre industrie des renseignements dont elle a su profiter avec habileté et au grand avantage des consommateurs français.

XXXII. — Sur la mesure de la dureté et de la porosité des faïences fines.

Rapport sur les produits de la classe 17, section II, à l'Exposition universelle de 1867.

Les qualités d'usage de la faïence fine dépendent surtout, d'un côté, de la dureté de la couverte dont la pâte est revêtue, d'un autre, de la porosité même de cette pâte. Lorsque la pâte est sèche et poreuse, en effet, les pièces se brisent avec facilité; lorsque la couverte en est molle, elles se rayent sous l'action du couteau et ne tardent pas à se salir et à s'empuantir.

Pour mesurer avec précision la qualité des faïences fines à ce double point de vue, j'ai mis à la disposition de l'industrie céramique qui, jusqu'alors s'était contentée de moyens grossiers, deux procédés précis et d'une application facile en même temps.

Le premier consiste dans l'emploi d'un plateau circulaire en bois porté sur trois pieds, dont deux sont terminés par des pointes mousses, le troisième par un diamant soigneusement serti. Posé sur la pièce et chargé de poids successivement croissants, ce plateau y est promené à la main jusqu'à ce qu'on entende et qu'on voie le diamant rayer la couverte; la somme des poids ajoutés pour obtenir ce résultat indique alors la dureté proportionnelle de celle-ci.

Le second consiste dans la pesée de la pâte, débarrassée de sa couverte, d'abord à l'état ordinaire, puis après immersion dans l'eau; le poids de l'eau ainsi absorbée indique avec une exactitude suffisante, et proportionnellement à un type déterminé, la porosité de la pâte.

XXXIII. — Sur la présence du soufre et du chlore dans le caoutchouc naturel.
(En commun avec M. S. Cloëz.)

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. L, p. 874, 7 mai 1860.

Parmi les divers procédés dont l'industrie fait usage pour la vulcanisation du caoutchouc, il en est un connu sous le nom de *procédé Parkes*, qui consiste à enduire les objets minces en caoutchouc d'une solution de chlorure de soufre dans le sulfure de carbone.

Pour reconnaître et caractériser les produits ainsi vulcanisés, on avait proposé de s'en rapporter au dégagement d'acides sulfhydrique et chlorhydrique qui, naturellement, doit accompagner la décomposition par la chaleur du caoutchouc chloruré et sulfuré.

Nous avons établi, M. Cloëz et moi, que les conclusions tirées d'expériences de cette nature étaient erronées, et démontré que le caoutchouc naturel (Para, Java, etc.), soumis à la distillation, fournit, par sa propre décomposition, une certaine quantité d'acides chlorhydrique et sulfhydrique.

ÉTUDES DE CHIMIE PURE.

XXXIV. — Découverte, dans la sève de différentes plantes à caoutchouc, de trois matières sucrées de constitution nouvelle.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. LXVII, p. 820, 26 octobre 1868. — Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. LXXIII, p. 246, 14 août 1871. — Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. LXXVII, p. 995, 3 novembre 1873.

1° *Dambonite et dambose.* — Les diverses sortes de caoutchouc que l'industrie met en œuvre proviennent de végétaux différents, et c'est par des procédés différents aussi que ces produits commerciaux sont préparés; dans quelques-uns d'entre eux, le caoutchouc, mal coagulé, reste pénétré par la sève du végétal.

Tel est, par exemple, le cas du caoutchouc livré à l'industrie par la colonie française du Gabon, caoutchouc que les Africains désignent sous le nom de *n'dambo* et qui provient de lianes appartenant à la famille des *Landolphia*, etc.

En étudiant le liquide fourni par le passage de ce caoutchouc aux cylindres, liquide dans lequel la sève se trouve entraînée, j'y ai trouvé un principe sucré, nouveau, cristallisable et volatil vers 200°. Ce principe, que j'ai nommé *dambonite*, a pour formule $C^8H^8O^6$.

Il se distingue de toutes les matières sucrées connues jusqu'alors, par la façon dont il se comporte avec les hydracides. Avec l'acide iodhydrique, par exemple, il se transforme en un composé nouveau, sucré également, ayant la composition des glucoses, et en iodure de méthyle.

On doit donc considérer la dambonite comme l'éther méthylique d'une nouvelle matière neutre analogue aux glucoses, et à laquelle l'analyse assigne une composition correspondant à la formule $C^6H^6O^6$; à cette matière, j'ai donné le nom de *dambose*.

Le dambose a été, en 1890, identifié par M. Maquenne avec l'inosite retirée des végétaux; la dambonite est ainsi devenue l'inosite éthylique.

2° *Bornésite et bornéo-dambose.* — La découverte de la dambonite, faite par moi, en 1868, dans le caoutchouc provenant des lianes coupées dans les forêts du Gabon, m'a fait penser que la présence de produits méthylés de cette sorte dans la sève des végétaux pouvait ne pas être un fait isolé. Je me suis attaché, en conséquence, à étudier, à ce point de vue, d'autres variétés de caoutchouc provenant de lianes également et récoltées en d'autres contrées.

Le caoutchouc que l'industrie européenne reçoit de l'île de Bornéo et qui, à la suite d'incisions ou même de sections complètes, s'écoule d'énormes lianes du genre *Urceola,* m'a fourni, en effet, une nouvelle matière sucrée répondant à la formule $C^{14}H^{14}O^{12}$, analogue à la dambonite, volatile comme elle et, comme elle, susceptible de fournir sous l'influence des hydracides un éther méthylique et une matière sucrée analogue au dambose ou inosite.

3° *Matézite et matézo-dambose.* — En continuant mes recherches sur les matières sucrées que contient la sève des végétaux d'où proviennent les caoutchoucs et que la coagulation du lait exsudé retient enfermée dans le produit commercial, j'ai rencontré une troisième substance, analogue aux deux précédentes.

C'est dans le caoutchouc récolté à Madagascar que j'ai découvert cette substance, et comme, d'après les renseignements que je dois à l'obligeance de M. A. Grandidier, c'est sous le nom de *mateza* que les habitants de cette île désignent le caoutchouc que leur fournit l'abatage de grandes lianes, je lui ai donné le nom de *matézite.*

La matézite, sucrée, blanche, volatile à 200°, répond à la formule $C^{20}H^{20}O^{18}$ et, comme la bornésite, comme la dambonite, possède la propriété de se dédoubler au contact des hydracides, en fournissant un dambose nouveau, le *matézo-dambose* $C^{18}H^{18}O^{18}$.

L'existence de ces trois matières sucrées, méthylées toutes trois, dans des produits commerciaux extraits de végétaux croissant sur des points très divers du globe, offre, au point de vue de la constitution des matières sucrées élaborées par les tissus de certaines plantes, un grand intérêt.

Toutes trois, en effet, peuvent être considérées comme analogues aux éthers méthyliques et comme répondant à un type de composés nouveaux, les dambosates de méthyle.

XXXV. — Substitution de l'hydrogène au soufre dans le sulfure de carbone. — Synthèse du dioxyméthylène (aldéhyde méthylique condensée).

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. XLIII, p. 396, 18 août 1856, et t. LXX, p. 625, 21 mars 1870.

Ces recherches ont été entreprises dans le but d'obtenir synthétiquement une matière organique ternaire en prenant comme point de départ un composé essentiellement minéral, le sulfure de carbone; elles ont abouti à la production du disulfométhylène $C^4H^4S^4$ et, comme conséquence, à celle du dioxyméthylène $C^4H^4O^4$, précédemment découvert par M. Bouttlerow en partant de l'iodoforme, et que depuis on a considéré comme l'aldéhyde méthylique condensée.

Soumis à l'action de l'hydrogène naissant, le sulfure de carbone CS^2 perd la moitié du soufre qu'il contient; une quantité équivalente d'hydrogène s'y substitue, et le sulfure se transforme en plusieurs composés, dont le plus important est le disulfométhylène $C^4H^4S^4$, et dont les autres peuvent être considérés comme des sulfhydrates du premier.

Le disulfométhylène forme, avec le bichlorure de mercure, le nitrate d'argent, le bichlorure de platine des composés métalliques cristallisables.

Chauffé avec l'oxyde d'argent, il se transforme en dioxyméthylène ou aldéhyde méthylique.

Ainsi s'est trouvée réalisée une synthèse importante, aboutissant par l'action successive du soufre, du charbon, de l'hydrogène et de l'oxygène, à la formation d'une matière franchement organique, qui se charbonne au contact de l'acide sulfurique.

XXXVI. — Recherches sur l'acide picrique. — Acide picramique.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. XXXVI, p. 421, 7 mars 1853; t. XLII, p. 59, 14 janvier 1856.

En soumettant l'acide picrique (phénique trinitré) à l'action réductrice de l'acide sulfhydrique, j'ai réussi à le transformer en un acide nouveau, d'une belle couleur rouge, auquel j'ai donné le nom d'*acide picramique*.

On ne connaissait encore aucun exemple de l'application de ce procédé de réduction aux acides nitrés.

J'ai étudié les principaux sels de cet acide; les picramates de potasse, de soude, d'ammoniaque, de baryte se présentent sous la forme de cristaux d'une couleur rouge plus ou moins foncée; les picramates métalliques, colorés également, sont insolubles.

Tous les agents réducteurs se comportent, vis-à-vis de l'acide picrique, de la même façon que l'hydrogène sulfuré, et j'ai montré que l'acide picramique pouvait être obtenu par l'action des sulfures alcalins, de l'hydrogène naissant, du protochlorure d'étain, du protochlorure de cuivre, de l'acétate de protoxyde de fer, etc. J'ai démontré, de même, que le composé signalé par Wœhler comme résultant de l'action du protoxyde de fer sur l'acide picrique, et désigné par lui sous le nom d'*acide nitrohématique*, était de l'acide picramique impur.

Depuis la publication que j'ai faite à ce sujet, l'industrie chimique a fait de l'acide picramique un produit commercial. Ce composé, fabriqué industriellement, par les procédés que j'ai fait connaître, a été utilisé pour produire, sur différents tissus, quelques-uns de ces tons bois dont la faveur était si grande il y a quelques années. On l'emploie pour remplacer le safran dans certains cas de coloration. Il sert, enfin, à imiter quelques-unes des couleurs que donne le carthame.

XXXVII. — Sur la purpurogalline.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. XLIX, p. 865, 18 octobre 1869.

Le produit remarquable auquel j'ai donné le nom de *purpurogalline* dérive par réduction de l'acide pyrogallique. C'est cependant au cours de réactions desquelles résulte l'oxydation de ce composé qu'elle prend naissance et c'est, par suite, comme le résidu d'une réaction principale qu'il convient de la considérer.

Lorsqu'en effet on soumet l'acide pyrogallique en dissolution à l'action du permanganate de potasse, de l'azotate d'argent ou d'autres agents oxydants, on voit se dégager des quantités considérables d'acide carbonique et d'oxyde de carbone, suffisantes quelquefois pour rendre le liquide effervescent, tandis que se précipite la purpurogalline.

C'est une matière rouge, peu soluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, et qui, vers 200°, se sublime en aiguilles rouge orangé, brillantes, dont l'apparence est identique à celle de l'alizarine sublimée.

Elle se colore en bleu et en violet, au contact des alcalis, mais ces colorations sont instables.

C'est une matière tinctoriale énergique, mais qui ne m'a fourni tout d'abord que des colorations d'un faible éclat. Cependant, et d'après les résultats obtenus, il est permis de croire qu'entre les mains de teinturiers habiles, la purpurogalline est appelée à recevoir d'intéressantes applications industrielles.

Reprise en 1882 (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences,* t. XCIV), par MM. de Clermont et Chautard, l'étude de la purpurogalline a fourni, à côté de faits nouveaux et intéressants, des résultats qui sont venus confirmer entièrement ceux que j'avais fait connaître en 1869.

XXXVIII. — Sur les combinaisons du sesquioxyde d'uranium avec les acides.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. XXXIV, p. 22, 5 janvier 1852.

XXXIX. — De l'action de l'ammoniaque sur quelques arsénites métalliques.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. XXXVI, p. 793, 2 mai 1853.

XL. — Sur de nouveaux arsénites.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. XXXIV, p. 918, 14 juin 1852.

XLI. — Sur les difficultés que présente la séparation des sulfates au moyen de l'alcool.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. LVIII, p. 515, 14 mars 1864.

XLII. — Sur le dosage de l'acide phosphorique en présence de l'oxyde de fer et des bases terreuses.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. LIV, p. 468, 24 février 1862.

RECHERCHES SCIENTIFIQUES SUR DIVERSES QUESTIONS DE PHOTOGRAPHIE.

XLIII. — Recherches théoriques et pratiques sur la formation des épreuves positives, leur stabilité, etc. — Des causes qui amènent l'altération des épreuves photographiques positives et des moyens de revivifier les épreuves altérées.

(En commun avec M. Davanne.)

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. XLI, p. 666, 22 octobre 1855; t. LVIII, p. 634, 4 avril 1864; t. LVIII, p. 699, 14 avril 1864. — Bulletin de la Société française de Photographie, t. I, p. 98, 122, 161 et 286; t. II, p. 141; t. IV, p. 72, 129 et 292; t. V, p. 8, 71, 154 et 340; t. VI, p. 8 et 215; t. IX, p. 82, 224, 271, 317 et 340; t. X, p. 50 et 110.

La portée et l'utilité pratique de ces longues recherches, que j'ai poursuivies pendant dix ans, en collaboration avec mon ami, M. Davanne, sont faciles à apprécier, si l'on veut bien remonter à l'époque où elles furent entreprises, c'est-à-dire à l'année 1855.

Dès cette époque, et quoique la Photographie eût à peine quinze ans d'existence, les services que cet art nouveau devait rendre aux arts et aux sciences étaient estimés à leur valeur, mais le désir qu'avaient de lui faire appel les artistes et les savants était souvent entravé par la crainte de voir les images formées par la lumière s'effacer au bout de quelques années. Cette crainte était d'ailleurs justifiée par les faits.

Revêtues de tons riches et vigoureux, au moment de leur préparation, les épreuves photographiques ne tardaient pas (sauf quelques exceptions) à pâlir, à prendre des tons jaunes et finalement à disparaître en partie.

Les exceptions que je viens de signaler prouvaient cependant que l'altérabilité des images photographiques n'était pas leur condition normale, et c'est à chercher les causes de cette altérabilité, à indiquer les moyens de la combattre que M. Davanne et moi avons consacré nos soins.

Nos efforts ont été couronnés de succès. Les procédés que nous avons

fait connaître ont été généralement adoptés, et ce sont les épreuves altérables, jaunies, effacées, qui sont devenues aujourd'hui l'exception.

Si les épreuves innombrables que la Photographie produit chaque jour et dont le savant, l'archéologue, le voyageur tirent, aussi bien que l'artiste, un parti si précieux, conservent avec le temps la netteté de leur dessin, la richesse de leurs colorations, c'est parce que les opérateurs ont su profiter du travail que nous leur offrions et se sont conformés aux méthodes scientifiques que nous leur indiquions.

Je ne puis que résumer rapidement ici les points principaux de ces recherches qui se sont prolongées pendant dix années, sans interruption, de 1855 à 1865.

Du papier. — Obtenues sur des papiers différents, les images photographiques prennent des tons différents. Cet effet, nous l'avons démontré, est dû aux encollages additionnels (gélatine, albumine, fécules), qui forment avec l'argent des laques prenant, sous l'action de la lumière, des colorations diverses.

Du salage. — Tous les chlorures solubles ont été conseillés pour la préparation des feuilles positives; à chacun d'eux on attribuait des actions spéciales et des colorations déterminées; cette opinion était erronée : les divergences apparentes doivent être attribuées à l'état acide, neutre ou alcalin des sels employés.

De la sensibilisation. — Nous avons démontré que, dans cette opération, à côté du chlorure d'argent, il se forme sur la feuille une laque argentico-organique fournie par l'encollage; l'un et l'autre de ces composés concourent, ainsi que le nitrate d'argent libre, à la formation de l'image.

De l'insolation. — Nous avons établi que le produit ultime de l'action lumineuse sur le papier sensibilisé est un mélange d'argent réduit à l'état métallique et de laque argentico-organique colorée.

Du fixage. — C'est pendant cette opération que les anciennes épreuves s'assimilaient les agents de destruction qui devaient bientôt les faire disparaître. Nous avons montré combien était désastreuse l'action des bains fixateurs, additionnés soit de nitrate d'argent, soit d'acide acétique. Ces bains ne sont autre chose que des agents de sulfuration, et ce sont les

matières sulfurées emportées par la feuille qui, peu à peu, transforment l'argent et la laque dont l'image est formée en sulfure qui, vu en couche mince, donne à l'image le ton jaune des épreuves passées. L'hydrogène sulfuré contenu dans l'atmosphère peut, d'ailleurs, exercer la même action nuisible. Tous ces faits ont été établis scientifiquement.

Du virage. — Aux agents de coloration qui viennent d'être cités, nous avons conseillé de substituer, d'une manière absolue, les sels d'or déjà employés par quelques opérateurs et dont M. Fizeau avait précédemment découvert l'action sur les images daguerriennes; nous avons démontré que, pendant le virage, l'or métallique se substitue atomiquement à l'argent, et indiqué aux opérateurs comment, en variant l'état chimique des bains aurifères, ils pouvaient se rendre maîtres d'une véritable palette photographique. C'est à l'adoption générale de ces procédés de virage qu'est due la stabilité actuelle des dessins fournis par la lumière.

Revivification des épreuves altérées. — L'immersion d'une épreuve jaunie, dans un bain d'or, lui rend, par substitution, une partie de sa coloration primitive.

Traitement des résidus. — Les quantités d'argent et d'or employées aux opérations photographiques sont considérables; pour la ville de Paris seulement, leur valeur se comptait, en 1867, par millions de francs; lorsque nous avons commencé ces recherches, plus des neuf dixièmes de cette somme étaient perdus et jetés au ruisseau.

Nous avons indiqué aux photographes des moyens simples et rapides de traiter leurs résidus, et la plus grande partie de l'argent et de l'or perdus autrefois est aujourd'hui recueillie avec soin et remise en circulation.

XLIV. — Sur la solubilité des principaux agents chimiques employés en Photographie

Bulletin de la Société française de Photographie, t. III, p. 371.

XLV. — Observation photographique de l'éclipse solaire du 18 juillet 1860, à Batna (Algérie).

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. LI, p. 441, 17 septembre 1860.
Bulletin de la Société française de Photographie, t. VI, p. 295.

XLVI. — Décomposition spontanée des feuilles de collodion détachées.

Bulletin de la Société française de Photographie, t. XIII, p. 203.

XLVII. — Modification de l'iodure d'argent sous l'influence de la pression.

Bulletin de la Société française de Photographie, t. XII, p. 88.

XLVIII. — Sur la Photographie microscopique.

Bulletin de la Société française de Photographie, t. XXI, p. 125, mai 1875.

Appelé, par mon enseignement au Conservatoire des Arts et Métiers, à faire connaître à un auditoire nombreux les détails intimes de la structure des tissus végétaux et animaux, détails que l'observation microscopique peut seule révéler, j'ai été conduit, dès la deuxième année de cet enseignement (hiver de 1872), à faire un usage constant et régulier du système de démonstration qui consiste dans l'agrandissement et la projection d'épreuves photo-micrographiques.

La reproduction sur glace photographique des vues préparées au microscope n'était, il y a dix-huit ans, pratiquée que par un petit nombre de personnes, et les appareils, comme aussi les procédés qu'on y employait, étaient loin d'être satisfaisants.

Les inconvénients que présentaient les uns et les autres m'ont amené alors à modifier les manières d'opérer généralement employées et à imaginer des dispositions nouvelles qui rendissent le travail photographique au microscope sûr et facile à la fois.

Ces dispositions consistent surtout dans l'emploi d'un microscope vertical, dont le miroir est éclairé par la lumière oxyhydrique, dont la ligne focale, brisée comme dans le microscope d'Amici, au tiers de sa longueur environ, prend ensuite, et par réflexion sur un miroir en verre argenté, une direction horizontale.

C'est sur la glace dépolie d'une chambre noire ordinaire et ordinairement disposée que l'image vient se peindre alors, à l'agrandissement déterminé par l'objectif employé.

Grâce à cette disposition, l'appareil, dans toute sa longueur, ne mesure guère plus de $0^m,50$, quoique, en réalité, il ait $0^m,80$ de longueur focale.

L'observateur, assis tranquillement en face de la glace dépolie, peut faire mouvoir les différents organes dont l'ensemble se compose, modérer ou activer la flamme, déplacer la préparation sur la platine du microscope, faire avancer ou reculer la glace dépolie, de manière à varier les dimensions de l'épreuve, mettre au point, enfin, en élevant ou abaissant à volonté l'objectif.

Les dispositions de cet appareil ont été, depuis la publication que j'en ai faite, adoptées par un certain nombre de savants; elles ont rendu plus facile que par le passé l'emploi de la Photographie pour la vulgarisation des travaux micrographiques.

20368 Paris — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS ET FILS, quai des Grands-Augustins, 55.